Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim
Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold

Die Therapie der Radialisparesen nach Humerusfrakturen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bernhard Panning
aus Berlin

1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546516_0007

Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin im Oskar - Helene - Heim
Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold

Die Therapie der Radialisparesen nach Humerusfrakturen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bernhard Panning
aus Berlin

Dekan : Prof. Dr. med. Herbert Lax

Referent : Prof. Dr. med. Günter Friedebold

Korreferent : Prof. Dr. med. Richard Maatz

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 22.5.1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I:	Einleitung	1
II:	Vorbemerkungen zur Anatomie	2
1:	Descriptive und topographische Anatomie	3
2:	Innerer und äußerer Aufbau sowie Versorgungsgebiet des Radialis	4
III:	Mechanismus der Radialisparese durch Humerusfraktur	7
IV:	Terminologie und Klassifizierung der Radialisparesen bei Humerusfrakturen	1o
V:	Diagnostik	13
VI:	Regeneration nach Radialisparese und Bewertung der Endergebnisse	17
VII:	Häufigkeit der Radialisparese bei Humerusfrakturen	2o
VIII:	Beziehungen zwischen Frakturmechanismus, Bruchform und Schweregrad der Radialisschädigung	24
IX:	Radialisparesen nach Humerusfrakturen. Zusammenstellung aus dem Patientengut des Oskar Helene Heims	28
X:	Diskussion	52
1:	Gegenüberstellung der Behandlungsvorschläge von Humerusfrakturen mit direkt durch sie verursachten Radialisparesen	52

Seite

2: Konservative oder operative Behandlung der nicht durch Radialisparese komplizierten Frakturen des Schaftes und des distalen Endes des Humerus 53

3: Notwendigkeit der operativen Behandlung der Radialisparese bei Humerusfrakturen 56

4: Gegenüberstellung der Argumentation der drei Therapierichtungen 59

5: Die iatrogene Radialisparese bei der Behandlung der Humerusfrakturen 62

6: Hinweise zur Durchführung der Frakturbehandlung bei direkter Radialisparese 64

a: Konservative Therapie 64

b: Operative Therapie 65

7: Besprechung der eigenen Beobachtungen 66

XI: Zusammenfassende Diskussion 81

XII: Zusammenfassung 84

Literaturverzeichnis 86

Einleitung

Röhrenknochenfrakturen können durch peripher nervale Läsionen kompliziert werden, wobei die Radialisparese nach Humerusfraktur im Zahlenmaterial der vorhandenen Literatur den Hauptanteil stellt. In einer Sammelstatistik über 235 durch Nervenläsionen komplizierte Frakturen fanden LEWIS und MILLER 136 Radialisparesen, die durch Humerusfrakturen verursacht waren; diese Angaben werden immer wieder bestätigt (BETZEL, COHN, GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/SMATHERS, HOFMEISTER/SCHREIBER, LEWIS, DE MOURGES et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, RIETHUS).

Trotz der Häufigkeit der Radialisparesen nach Humerusfrakturen divergieren die Ansichten über die Behandlung dieser Komplikation erheblich.

Prinzipiell werden drei unterschiedliche Einstellungen zur Behandlung der Radialisparese nach Humerusfraktur vertreten:

1. Sie stellt eine absolute Indikation zur frühen Operation dar (BANDI, BILINSKI/ZAWADKA, KÜPPERMANN, MÜLLER et al., NIGST (1962), VICK, VICK/KELLERMANN).
2. Sie sollte praktisch immer exspektativ behandelt werden (BODECHTEL et al., BÖHLER (1962, 1962, 1963, 1963, 1964, 1965), BUFF, JAHNA (1957, 1959), KETTELKAMP/ALEXANDER, KRAMER, LANGE (1949), LANGE (1967), LIPSCOMB/BURLESON, MÖRL, MÖSENEDER, DE MOURGES et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, PASS, SHAW/SAKELLARIDES).

3. Im allgemeinen ist die konservative Behandlung zu bevorzugen. Bei bestimmten Frakturtypen ist eine Frühoperation empfehlenswert (FUCHS, FUCHS/BUSHE, GARCIA/MAECK, GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, GURDJIAN/SMATHERS, HOLSTEIN/LEWIS, JONASCH, MUMENTHALER/SCHLIACK, RUEFF/PELZL, SCHNITKER, SCHWARZER, SHAW/SAKELLARIDES).

Die Verschiedenheit der Auffassungen erklärt sich aus der Tatsache, daß die Prognose im Einzelfall nicht mit ausreichender Sicherheit gestellt werden kann. Es ist der Zweck dieser Abhandlung, eine Abgrenzung dieser drei Therapievorschläge unter Berücksichtigung der neueren Osteosyntheseverfahren vorzunehmen, sofern dies möglich ist. Dabei soll die Frage im Vordergrund stehen, ob dem Einzelfall eine bestimmte Indikation zugeordnet werden kann, die sich aus dem primären Befund oder erst aus dem Verlauf ergibt.

Vorbemerkungen zur Anatomie

Die Besprechung des Mechanismus sowie der Diagnostik der Radialisschadigung durch Oberarmfrakturen setzt die Kenntnis der topographisch-anatomischen Beziehungen des Nerven in dieser Region voraus. Die in der anatomischen, chirurgischen und neurochirurgischen Literatur angegebenen Verlaufsbeschreibungen sollen hier zusammenfassend referiert werden.

Dabei wird besonders auf Einzelheiten eingegangen, die sich in der speziellen Literatur finden, da diese für die anschauliche Darlegung der Problemstellung der vorliegenden Untersuchung

von Interesse sind und teilweise von den üblichen Vorstellungen abweichen.

Außerdem soll ein kurzer Überblick über die descriptive Anatomie des äußeren und inneren Aufbaus des n. radialis gegeben werden, soweit das für die Bearbeitung des Themas notwendig ist.

1. Descriptive und topographische Anatomie.

Übereinstimmend wird der Verlauf des n. radialis wie folgt beschrieben: Der Nerv verläßt dicht unterhalb der Sehne des m. latissimus dorsi das neurovasculäre Bündel des Oberarms und gelangt zwischen caput longum und caput mediale m. tricipitis an die Dorsalseite des Humerus. Hier liegt er dann im Verlauf des sulcus n. radialis dem Knochen zwischen den Ursprüngen des caput laterale und mediale m. tricipitis dicht an. Der Nerv verläuft, dem sulcus entsprechend, von proximal medial in einer flachen Spirale nach distal lateral. Etwa am unteren Drittelpunkt des Humerusschaftes durchsetzt er das Septum intermusculare laterale. Danach erreicht er den Raum zwischen m. brachioradialis und brachialis und entfernt sich damit vom Humerus. Der weitere Verlauf in der Ellenbeuge und am Unterarm ist hier nicht mehr Gegenstand der Betrachtung.

In Ergänzung zu dieser Beschreibung finden sich in der Literatur folgende weitergehende Angaben: Nach RIETHUS erscheint der meist nur angedeutet vorhandene sulcus nervi radialis in manchen Fällen rinnenartig geformt. Dadurch

sei der Nerv dann seitlich fast vollständig fixiert, während er sonst, wie auch allgemein beschrieben wird, gut verschieblich auf dem Knochen läge. Bei der Leiche könne man den Nerven aus dem Sulcus herausheben. Beim Lebenden wird er durch den Triceps, zumal bei dessen Kontraktion, an den Humerus gepreßt.

Über eine weitere anatomische Besonderheit berichtet WHITSON: Während der Nerv in seinem spiraligen Verlauf an der Dorsalseite des Oberarmes meist mehr oder weniger verschieblich ist, ist er an seiner Passage durch das septum intermusculare laterale in einer engen, bindegewebigen Lücke unmittelbar neben dem Knochen praktisch unverschieblich fixiert. WHITSON teilt die Ansicht der übrigen Anatomen bezüglich des Radialisverlaufs an der Dorsalseite des Humerus nicht. Er fand bei eigenen Untersuchungen, daß der Nerv in dieser Region meist den Humerus nicht unmittelbar berühre, sondern durch Tricepsmuskelfasern von diesem getrennt werde. HOLSTEIN und LEWIS folgen dieser Ansicht von WHITSON in einer späteren Veröffentlichung.

2. Innerer und äußerer Aufbau sowie Versorgungsgebiet des Radialis.

Der Radialis ist ein gemischter Nerv. Er bezieht seine Fasern aus den Segmenten C_5-Th_1 (CLARA, MUMENTHALER/SCHLIACK). Die markreichen Fasern sind aus Achsenzylinder, Markscheide und Schwannscher Scheide zusammengesetzt. Jede Faser

ist von einer bindegewebigen Hülle, dem Endoneuralrohr, umgeben. Mehrere Fasern werden durch ein bindegewebiges Perineurium zu Fasciceln zusammengefaßt. Aus diesen Fasciceln setzt sich der periphere Nerv zusammen. Er besitzt eine bindegewebige Hülle, das Epineurium. Die Summe der einzelnen Fascicel stellt ein ähnlich den großen Nervenplexus aufgebautes inneres Fasergeflecht dar, dessen einzelne Fasern sich untereinander verzweigen. Sie wechseln in ihrem Verlauf in vielfältiger Folge die sie zusammenfassenden Fascicel, so daß in jeder Höhe eines Nervenstammes ein topographisch neues Querschnittsmuster anzutreffen ist. Die Fasern, die denselben Muskel versorgen, liegen bis kurz vor dem Abgang des entsprechenden Astes verteilt im ganzen Nervenstamm (BODECHTEL et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST (1955)). Der Radialis versorgt mit seinen rami musculares die gesamte Streckmuskulatur des Armes. Die sensible Versorgung erstreckt sich auf einen schmalen dorsalen Streifen am Oberarm, der von dorsal ulnar nach distal radial zieht und sich auf die radiale und dorsale Hälfte des Unterarmes fortsetzt. Weiterhin werden die radiale Hälfte der Streckseite der Hand, die Fingerrücken von Daumen und Zeigefinger und die radiale Hälfte des Mittelfingers vom Radialis sensibel innerviert.

Über die Reihenfolge des Abganges der motorischen Äste informiert Abbildung 1.

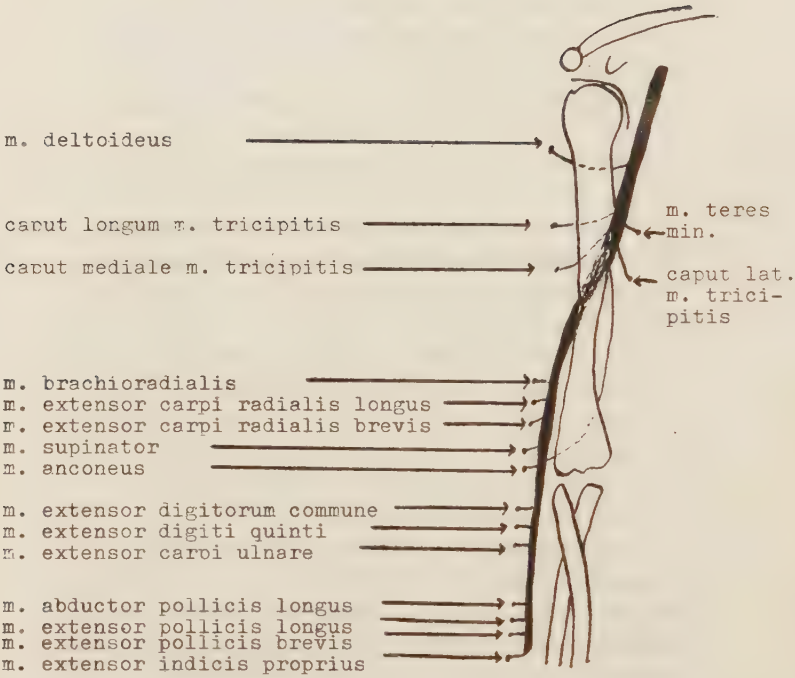


Abb. 1

Motorische Äste des n. radialis

Der n. cutaneus brachii dorsalis verläßt den Stamm noch innerhalb der Axilla. Die rami musculares für den triceps gehen noch vor Beginn des spiraligen Verlaufs ab. Der nächste Ast ist der n. cutaneus antebrachii dorsalis. Sein Ursprung liegt meist in Höhe des sulcus. Allerdings verläuft er manchmal auch eine Strecke parallel zum Hauptstamm (MERREM (1956)). Die übrigen Äste verlassen den radialis meist distal des sulcus. Eine Feststellung, die, wie Beobachtungen bei Nervenverletzungen zeigen, nicht immer zutrifft. So gehen manchmal die Äste für die Extensoren der Hand so hoch ab, daß sie bei Läsionen des Nervenstammes im Bereich des unteren Humerusdrittels funktionstüchtig bleiben (COHN, KUHLENDAHL, NIGST (1955)). Wichtig für die sensible Versorgung sind weiterhin mehrfache Anastomosen mit dem n. cutaneus antebrachii radialis, einem Ast des n. musculocutaneus, und dem ramus dorsalis n. ulnaris (BODECHTEL et al., CLARA, COHN, MERREM (1964), MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST (1955)).

Mechanismus der Radialisparese durch Humerusfraktur.

Der Mechanismus der durch Humerusfrakturen hervorgerufenen Radialisparesen läßt sich durch die oben aufgezeigten anatomischen Beziehungen des Nerven zum Knochen verstehen.

Prinzipiell kommen als Noxe nur Kompression oder Traktion bzw. eine Kombination beider Mechanismen in Frage.

Bei den Querfrakturen des Schaftes im Bereich des sulcus n. radialis, die durch direkte Gewalt hervorgerufen werden (WANCKE et al.), wird der Nerv durch die frakturierende Kraft gegen den Knochen gepreßt und kann schon dadurch eine Funktionsstörung erleiden (BERNHARD, BETZEL, COMPERE et al., GOLDNER/KELLEY, NIGST (1955), RIETHUS). Die frakturierten Knochen selbst gefährden den Nerven durch spitze, scharfe Fragmente, über die er durch deren Dislokation gespannt werden kann (COMPERE et al., HOFMEISTER/SCHREIBER, JONASCH, KUHLENDAHL, RIETHUS), die sich in ihn hineinbohren können (HOFMEISTER/SCHREIBER, HOLSTEIN/LEWIS) oder die ihn durchschneiden können (GURDJIAN/GOETZ, HOFMEISTER/SCHREIBER, MÖRL, RIETHUS). Außerdem kann er zwischen den Fragmenten eingeklemmt werden (GURDJIAN/GOETZ, HOFMEISTER/SCHREIBER, JONASCH, MÖRL (1956)). Diesen durch die Fraktur selbst verursachten Gefahren ist der Nerv natürlich auch bei der Reposition ausgesetzt (BETZEL, COMPERE et al.). Funktionsstörungen des Radialis sind auch als Folge des nach Knochenbrüchen auftretenden Hämatoms und Ödems beschrieben worden (MUMENTHALER/SCHLIACK, PASS, RIECHERT/UMBACH).

Ein großer Teil der in der speziellen Literatur zusammengetragenen Radialisparesen ist durch operative Behandlung der Humerusfraktur bedingt (BÖHLER (1964), DECOULX/DUCLOUX, FUCHS, GARCIA/MAECK, DE MOURGES et al., RUEFF/PELZL, SHAW/SAKELLARIDES, VICK u. a.). Bei

der geschlossenen Marknagelung kann sie durch die Reposition entstehen (FUCHS, FUCHS/ BUSHE, HART). Der entsprechende Mechanismus ist bereits geschildert worden. Hinzu kommt, daß eine durch die Reposition bedingte Interposition des Nerven im Bruchspalt eine Schädigung darstellt, die durch das Einschlagen des Nagels noch verschlimmert werden muß.

Bei der Nagelung kann es außerdem vorkommen, daß beim Passieren der Frakturstelle Knochensplitter abgesprengt werden, die sich in den Nerven bohren können (HART). Bei den offenen Osteosyntheseverfahren kann die Radialisschädigung durch die vorausgegangenen erfolglosen Repositionsmanöver oder aber durch die während der Operation unvermeidlichen Traumatisierungen des Nerven hervorgerufen werden, die gerade der Radialis als besonders empfindlicher Nerv schnell mit Funktionsstörungen beantwortet (MARBLE et al.). Allein die dringend empfohlene intraoperative Darstellung des Nerven (GURDJIAN/GOETZ, MARBLE et al., WERTHEIMER/AVET u. a.) ist selbst bei schonendem Vorgehen manchmal Anlaß einer lange Zeit anhaltenden Parese (MARBLE et al.).

Die Gefahr der iatrogenen Parese bei operativer Behandlung durch extramedulläre Osteosynthese ergibt sich auch bei der Entfernung des Osteosynthesematerials.

Gegenüber den bisher beschriebenen Mechanismen, die die akuten oder direkten Radialisparesen auslösen, ist ein weiterer zu nennen, der den Nerven durch leichte aber anhaltende oder zunehmende Kompression schädigt und damit die allgemein als sekundär bezeichneten Paresen hervorruft. Die Schädigung entwickelt sich nicht direkt im Anschluß an die Fraktur, sondern sie tritt erst während der Reparationsvorgänge des Knochens und der mitverletzten umgebenden Weichteile, meist innerhalb der 3. bis 7. Woche (GURDJIAN/GOETZ, DE MOURGES et al., SCHWARZER, VICK) auf. Der Nerv wird dabei durch Callus, das ist selten (BETZEL, KUHLENDAHL), oder narbiges Bindegewebe ummauert und durch Schrumpfungsprozesse oder weitere Callusbildung zunehmend komprimiert (GURDJIAN/GOETZ, HOFMEISTER/SCHREIBER, KUHLENDAHL, MÖRL/RICHWIEN, RIETHUS). Diese Vorgänge können sich auch an eine primäre Radialisschädigung anschließen, dann liegt eine Kombination zwischen einer primären und einer sekundären Lähmung vor.

Terminologie und Klassifizierung der Radialisparesen bei Humerusfrakturen.

Zur Einteilung der Funktionsstörungen peripherer Nerven werden verschiedene Kriterien herangezogen. Eine viel benutzte Klassifizierung, die sich an klinischen Untersuchungsbefunden orientiert und diese mit pathologisch anatomischen Veränderungen korreliert, hat SEDDON

(1943) angegeben. Er beschreibt "drei Typen von Nervenläsionen: Neurapraxie, Axonotmesis und Neurotmesis".

Bei der Neurapraxie bleiben Axon und im wesentlichen auch die Nervenhüllstrukturen intakt. Das anatomische Substrat der Funktionsstörung ist eine lokalisierte Demyelinisierung der Markscheiden (BODECHTEL et al., DELANK et al., MUMENTHALER/SCHLIACK). Als praktisches Beispiel für diese Läsion gibt MUMENTHALER/SCHLIACK die Drucklähmungen an.

Bei der Axonotmesis sind die Achsenzylinder anatomisch unterbrochen, während die Hüllstrukturen intakt bleiben (DELANK et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, SEDDON (1947)). Ein derartiger Befund bietet sich zum Beispiel nach der therapeutischen Phrenicusquetschung (MUMENTHALER/SCHLIACK).

Die Neurotmesis schließlich ist durch eine vollständige Durchtrennung des Nerven charakterisiert. Lediglich das Epineurium kann intakt sein (MUMENTHALER/SCHLIACK, SEDDON (1943)).

Den beiden letztgenannten Formen der Nervenläsion ist gegenüber der erstgenannten die anatomische Unterbrechung der Achsenzylinder gemeinsam, deren unausbleibliche Folge die Wallersche Degeneration ist. Bei der Neurapraxie bleibt eine Nervendegeneration aus (MERREM, MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST (1955), SEDDON (1947)). In der Praxis bestehen oft

Kombinationen dieser drei Arten von Nervenläsionen. Dabei finden sich innerhalb desselben Nerven Fasern, die im Sinne der Neurapraxie, der Axonotmesis oder der Neurotmesis geschädigt sind. Gleichzeitig können neben den funktionsgestörten Fasern auch intakte in dem Nervenstamm zu finden sein, die, wenn ihre Zahl ausreichend groß ist, sogar eine Teilfunktion der gelähmten Muskeln ermöglichen. In solchen Fällen spricht man von einer inkompletten Lähmung im Gegensatz zur kompletten, bei der alle oder die meisten Fasern funktionslos sind.

Ein weiteres Einteilungsprinzip orientiert sich am Zeitpunkt und der Art der Entwicklung der Funktionsstörung und wird im Zusammenhang mit Frakturen gern benutzt. Die Lähmung kann direkt nach dem Trauma auftreten. Sie wird als primär bezeichnet. Oder sie entwickelt sich langsam im Verlauf des Heilungsprozesses und wird dann als sekundär bezeichnet. Im ersten Fall ist die Störung sofort voll ausgeprägt. Im zweiten beginnt sie meist mit sensiblen Reizerscheinungen, zu denen, wenn keine Therapie erfolgt, motorische Ausfälle kommen. Langsam entwickelt sich dann eine vollständige Lähmung (BETZEL, COMPERE et al., HOFMEISTER/SCHREIBER, KUHLENDAHL, LEWIS/MILLER, PASS, RIECHERT/UMBACH, RIETHUS, SCHWARZER, WANCKE et al.). COMPERE et al. differenzieren die Lähmungen nach Frakturen in akute, sofort oder einige Tage später

nach dem Trauma auftretende oder sekundäre, die sich später entwickeln. PITZEN und LINDEMANN benutzen ein ähnliches Prinzip, indem sie von direkten Nervenläsionen im Sinne der akuten Lähmung und indirekten im Sinne der sekundären sprechen. BODECHTEL et al. geben für den n. radialis eine Einteilung nach der Lokalisation der Schädigung im Verlauf des Nerven. Sie unterscheiden einen oberen, einen mittleren und einen unteren Typ. Beim ersten liegt die Läsion oberhalb des Abganges der Äste für den m. triceps, beim zweiten oberhalb, beim dritten unterhalb des Abganges des Astes für den m. supinator.

Für die Klassifizierung von Radialisparesen nach Humerusfrakturen ist diese Einteilung nach Angaben von NIGST (1955) unbedeutend, da manchmal sogar die Äste für die Extensoren der Finger schon in Höhe des distalen Humerusdrittels den Nervenstamm verlassen. In den meisten Fällen von motorischen Radialisparesen bei Schaftfrakturen findet man Lähmungen des mittleren Typs. Bei den supracondylären Humerusfrakturen kann man mit solchen des unteren Typs rechnen.

Diagnostik.

Radialisläsionen nach Humerusfrakturen werden im allgemeinen durch die Funktionsstörungen der Motorik gekennzeichnet. Sensibilitätsstörungen sind, obwohl der Radialis ein gemischter Nerv ist, oft auch bei Durchtrennungen nicht nachweisbar (BERNHARD, BODECHTEL et al.,

COHN, CLARA, GARCIA/MAECK, HOFMEISTER/ SCHREIBER, JUNG, MERREM (1964), MUMENTHALER/ SCHLIACK, NIGST (1955)). Diese Tatsache erklärt sich durch den bereits geschilderten weit proximal gelegenen Abgang der sensiblen Äste und die ort vorhandenen Anastomosen mit anderen Nerven. Finden sich Sensibilitätsausfälle bei frischen Läsionen, so ist der befallene Bezirk in den ersten Tagen am größten. Die sogenannten Intermediärzonen am Rand des Sensibilitätsfeldes werden nämlich durch überlappende Innervation von mehreren Nerven versorgt. Die Funktion der mitinnervierenden Fasern der Nachbargebiete tritt bald ein und das Gebiet der Funktionsstörung verkleinert sich. Das verbleibende Areal wird als Autonomgebiet bezeichnet (NIGST (1955), SEDDON (196o)). Dieser Bezirk umfaßt beim Radialis oft nur die Region zwischen Metacarpale I und II (NIGST (1955)). Nach Ablauf von 14 Tagen kann sich durch Einsprossen von Fasern aus Nerven, die benachbarte Gebiete versorgen, also nicht durch eigentliche Regenerationsvorgänge, das Autonomgebiet weiter verkleinern. Diese Vorgänge dürfen nicht mit Regenerationszeichen verwechselt werden (NIGST (1955)).

Sensible Reizerscheinungen wie Parästhesien werden auch bei Radialisaffektionen oft registriert. Sie sind gerade bei der prognostisch günstigen Neurapraxie zu finden (BODECHTEL et al., DELANK et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, SEDDON (1943)). Sie werden auch bei beginnenden

Sekundärparesen als erstes Zeichen der Druckschadigung beobachtet. Im Vordergrund des diagnostischen Interesses stehen die leicht zu erfassenden motorischen Ausfälle. Sie manifestieren sich als partielle oder komplette schlaffe Lähmung der betroffenen Muskeln. Eine inkomplette Lähmung spricht, wie in der Erörterung der Terminologie gezeigt wurde, dafür, daß ein Teil der Fasern des Nervenstammes funktionstüchtig ist. Bei Vorliegen dieses Befundes kann also eine Axonotmesis oder Neurotmesis des ganzen Nerven als ausgeschlossen gelten (SEDDON (1943)).

Im allgemeinen entspricht die nach Humerusfrakturen beobachtete Radialisparese dem mittleren Typ der Einteilung BODECHTELs. Von den gelähmten Muskeln ist fast immer der m. bracchioradialis am weitesten proximal gelegen. Sein Ausfall ist wegen des synergistisch wirkenden kräftigeren m. biceps weniger durch die Registrierung der Motilität als durch die Inspektion und Palpation oder aber durch das EMG diagnostizierbar.

Die Funktion des m. supinator wird bei gestrecktem Arm untersucht, um die nur in Beugestellung wirksame synergistische Funktion des m. biceps auszuschalten. Der Ausfall der Extensoren der Hand verursacht deren schlaffes Herabhängen und die Unmöglichkeit der aktiven Streckung im Handgelenk (Fallhand). Außerdem ist dadurch auch die Kraft der Ab- und Adduktion im Handgelenk vermindert.

Die Lähmung der Fingerstrecker manifestiert sich in fehlender aktiver Dorsalflexion in den Metacarpophalangealgelenken. Am Daumen zeigt sich ein Ausfall der Abduktion und Extension im Grund- und Interphalangealgelenk (BERNHARD, BODECHTEL et al., BORMANN, HOFMEISTER/SCHREIBER, MERREM (1955), MUMENTHALER/SCHLIACK, MUMENTHALER (1959), MUMENTHALER (1969), NIGST (1955), RIECHERT/UMBACH). Bei der Untersuchung der Daumenmotilität muß bedacht werden, daß die Extension im Interphalangealgelenk synergistisch durch den vom Medianus innervierten m. abductor pollicis brevis übernommen werden kann. Die scheinbare Rückkehr dieser Funktion darf nicht als Vorbote einer beginnenden Regeneration aufgefaßt werden (MÖRL/RICHWIEN, NIGST (1955), SEDDON (1960)). Neben der direkten Untersuchung steht die Elektrodiagnostik zur Verfügung. Weder die konventionelle Reizstromuntersuchung noch die Elektromyographie erlauben im Frühstadium der Lähmung eine Differenzierung von Neurapraxie, Axonotmesis und Neurotmesis (BODECHTEL et al., MERREM (1958), MUMENTHALER/SCHLIACK). Frühestens nach zwei Wochen lassen sich Degenerationszeichen registrieren, die für Axonotmesis oder Neurotmesis sprechen (DELANK et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, SEDDON (1943)). Mit dem Vorliegen einer Neurapraxie darf bei kompletten Lähmungen gerechnet werden, wenn drei Wochen nach Lähmungseintritt keine Degenerationszeichen bestehen (DELANK et al., SEDDON (1943), STAHL). Auch mit Hilfe der Elektromyographie ist diese Zeitspanne der Unsicherheit nicht zu verkürzen (MUMENTHALER/SCHLIACK). Die

Elektrodiagnostik, besonders die Elektromyographie, ist für die Untersuchung bei Radialisparesen nach Humerusfrakturen also ein Mittel zur Verlaufsbeobachtung und zur Registrierung frühester Regenerationszeichen (MUMENTHALER/ SCHLIACK, NIGST (1955), STAHL).

Regeneration nach Radialisparese und Bewertung des Endergebnisses.

Voraussetzung für die Aufstellung eines Therapieplanes und die Erfolgsbeurteilung ist die Kenntnis des zeitlichen Ablaufs der Regeneration und die Grenzen der erreichbaren Funktionsrestitution.

Die Leitungsblockierung kann bei der ohne Degeneration einhergehenden Neurapraxie manchmal nur wenige Stunden, häufiger einige Tage bis Wochen, gelegentlich aber auch Monate andauern (BODECHTEL et al., DELANK et al., KARITZKI, LANGE, MÖRL, NIGST (1955), SEDDON (1943), WANCKE et al.). Die Restitution erfaßt meist alle gelähmten Muskeln gleichzeitig (NIGST (1955), SEDDON (1943)).

Bei der Axonotmesis und Neurotmesis wird die Funktion durch Auswachsen von neuen Nervenfasern aus den proximalen Stümpfen der Achsenzylinder wieder hergestellt (BODECHTEL et al., DELANK et al., MÖRL/RICHWIEN, MUMENTHALER/ SCHLIACK, NIGST (1955)).

Zwischen der Nervenläsion und den ersten Zeichen der Willkürkontraktion des gelähmten

Muskels verstreicht eine Zeit, die sich aus einer Latenzperiode vor Beginn des Aussprossens der neuen Achsenzylinder, aus der für die Überwindung einer gegebenen Distanz bei einer konstanten Wachstumsgeschwindigkeit nötigen Zeit und aus einer zweiten Latenzperiode zwischen der Ankunft der ersten Nervenfasern am Erfolgsorgan und der Wiederherstellung der Funktion ergibt. Von mehreren Autoren ist unter Zugrundelegung dieser Gegebenheiten eine übereinstimmende Faustregel zur Errechnung des Reinnervationstermines gegeben worden. Man veranschlagt die tägliche Regenerationsrate vereinfachend mit 1 mm/d. Aus der Höhe der Läsion, die nach dem Röntgenbild der Fraktur abgeschätzt wird, kann man die zu überbrückende Entfernung bis zum Nerveneintrittspunkt des am weitesten proximal liegenden gelähmten Muskels feststellen. Gibt man diesen Wert in Millimetern an, so hat man einen Anhalt für die erwartbare Regenerationszeit (BETZEL, DELANK et al., FUCHS, MARBLE et al., MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST (1955), SEDDON (1947, 1960)). Axonotmesis und Neurotmesis unterscheiden sich in der Qualität des erreichbaren Regenerationsergebnisses. Bei der Axonotmesis bleiben ja die Nervenhüllstrukturen erhalten. Dadurch wird der jeweilige degenerierte Achsenzylinderstumpf von dem auswachsenden Fortsatz der identischen Faser ersetzt (SEDDON (1943)). Diesen Regenerationsmodus nennt man isomorphe Neurotisation (MUMENTHALER/SCHLIACK). Bei Neurotmesis ist die gesamte innere Struktur an der Läsionsstelle aufgehoben. Der entstandene Defekt kann praktisch nicht ohne Durchführung

einer Nervennaht überbrückt werden (DELANK et al., MÖRL/RICHWIEN, MUMENTHALER/SCHLIACK, SEDDON (1943)). Aber auch wenn diese durchgeführt wurde, kann eine isomorphe Neurotisation nicht eintreten, da eine dem inneren Aufbau des Nerven gerecht werdende Adaptierung der Nervenenden nicht zu erreichen ist. Es werden also im Zuge der Regeneration Nervenfasern des einen Muskels in Endoneuralrohre des anderen Muskels einwachsen, ja es werden sogar efferente Fasern in Hüllen von afferenten Fasern wachsen. Diesen Regenerationsmodus bezeichnet man als heteromorphe Neurotisation (MUMENTHALER/SCHLIACK). Das meist kümmerliche funktionelle Ergebnis einer Naht gemischter peripherer Nerven erklärt sich teilweise durch diese Gegebenheiten (MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST (1955), SEDDON (1943)). Diese Feststellung hat für den n. radialis nur bedingte Gültigkeit, da bei seinen Läsionen häufig keine oder funktionell nur unbedeutende sensible Ausfälle angetroffen werden und die innervierte Muskulatur eine einheitliche Funktionsgruppe darstellt, die auch bei heteromorpher Neurotisation praktisch einwandfrei gebrauchsfähig wird (SEDDON (1943)).

Die Regenerationsergebnisse nach Radialisparesen werden an Hand verschiedener Kriterien bewertet. Mehrere Autoren orientieren sich an praktischen Gesichtspunkten und zählen Regenerationsergebnisse, bei denen eine ausreichende Funktionsfähigkeit der Hand zurückgewonnen wird, zu den günstigen Resultaten (GOLDNER/KELLEY, KUHLENDAHL, SCHWARZ). Eine

Bewertung der Regeneration, welche die Wiederherstellung der Sensibilität einschließt (FUCHS/BUSHE), wird wegen der bei Radialislähmungen völlig unbedeutenden sensiblen Funktion den praktischen Anforderungen nicht gerecht (GARCIA/MAECK, GOLDNER/KELLEY, RIETHUS).

Häufigkeit der Radialisparese bei Humerusfrakturen.

In chirurgisch und neurochirurgisch orientierten Berichten über die Radialisparese bei Humerusfrakturen wird zur Demonstrierung der praktischen Bedeutung der jeweiligen Publikation oft die Häufigkeit dieser Komplikation bezogen auf die Zahl von Brüchen des ganzen Oberarmes oder bestimmter Abschnitte angegeben. In manchen Veröffentlichungen finden sich auffallend hohe Prozentsätze, die sich zum Teil dadurch erklären, daß die Mehrzahl der in der Statistik berücksichtigten Fälle in die entsprechende Klinik nach alio loco durchgeführter Erstversorgung wegen der Komplikation überwiesen wurde. Andererseits ist, wie LEWIS/MILLER und GURDJIAN/GOETZ betonen, die Bewertung des Befundes nicht immer einheitlich. Teilweise werden ganz leichte, flüchtige Lähmungserscheinungen nicht in der Zahl der Radialisparesen erfaßt, während andere Zusammenstellungen auch diese berücksichtigen. In den Tabellen 1, 2 und 3 werden die in dieser Arbeit verwerteten Angaben gegenübergestellt.

Tabelle 1

S c h a f t f r a k t u r e n

Autor	Frakturenzahl	Paresen %
BÖHLER (1962)	1oo	7
DECOULX/DUCLOUX	115	5,3
KÜPPERMANN	138	o,8
NITZSCHE	6o	5 (flüchtige sens. Ersch.)
GARCIA/MAECK	226	11,7
BECK	32	12,5
BÖHLER (1963)	1oo	6
HOLSTEIN/LEWIS	341	1,8
MÖSENEDER	159	9,4
RUEFF/PELZL	1o2	4,9
VICK/KELLERMANN	116	9

Durchschnittlicher Prozentsatz 7,9

Tabelle 2

F r a k t u r e n d e s d i s t a l e n H u m e r u s

Autor	Frakturenzahl	Paresen %
DAUM et al.	145	4,1
KRAMER	191	
MITCHELL/ADAMS	91	7,3
PASINI	34o	1,5
JAHNA (1957)	1oo	15,o
LIPSCOMB/BURLESON	1o8	1o,9

Durchschnittlicher Prozentsatz der ersten 4 Autoren 3,5%.

Die Angaben von JAHNA und von LIPSCOMB/ BURLESON werden hier nicht berücksichtigt, da aus den Veröffentlichungen hervorgeht, daß das beobachtete Patientengut speziell ausgewählt wurde.

Tabelle 3

Frakturen des ganzen Humerus

Autor	Frakturenzahl	Paresen %
GURDJIAN/GOETZ	392	2,6
KLAR/KREBS	798	2,3
RIETHUS	319	3,5

Durchschnittlicher Prozentsatz 2,8

Es kann also festgestellt werden, daß in chirurgischen Kliniken die Radialisparese als Komplikation von Humerusfrakturen nicht selten vorkommt. Ein Vergleich der Einzelangaben und der errechneten Durchschnittswerte zeigt, daß besonders nach Schaftfrakturen mit Radialisschädigungen gerechnet werden muß.

Tabelle 4 schlüsselt Literaturangaben zur Häufigkeit von Radialisschäden bezogen auf verschiedene Bruchlokalisationen am Humerusschaft auf. Diese Aufstellung zeigt, wie auch andere Autoren bestätigen (BETZEL, KLAR/KREBS, VICK), daß Radialisparesen nach Frakturen des oberen Schaftdrittels selten sind.

Die Zahl der bei den proximalen Humerusfrakturen gefundenen Radialisparesen ist so gering, daß man diese Komplikation hier als atypisch bezeichnen kann (BETZEL, GARCIA/MAECK, GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, HOLSTEIN/LEWIS, KLAR/KREBS, LEWIS/MILLER, DE MOURGES et al., RIETHUS, SHAW/SAKELLARIDES, VICK).

Tabelle 4

Lokalisation der Humerusschaftfraktur bei direkten Radialisparesen.

Autor	oberes Drittel	Übergang	mittleres Drittel	Übergang	unteres Drittel	keine Angaben	Summe
GARCIA/MAECK	4		21	6			31
GOLDNER/KELLEY	1		15		18		34
GURDJIAN/GOETZ	1		2	5			8
LEWIS/MILLER			1	1	3		5
HOLSTEIN/LEWIS			1		7		8
RIETHUS			5		1		6
DE MOURGES et al.			6	---10---		3	19
SHAW/SAKELLARIDES			-------42----------			3	45

Beziehungen zwischen Frakturmechanismus, Bruchform und Schweregrad der Radialisschädigung.

Nachdem dargestellt wurde, wie häufig Frakturen bestimmter Humerusabschnitte Radialisschäden verursachen, drängt sich die Frage auf, ob man aus dem Mechanismus der Brüche und ihrer Form Schlüsse auf den Schweregrad der Funktionsstörung des Nerven ziehen kann.

Die Querfraktur des Humerus entsteht durch senkrecht zum Knochen oft direkt an der Bruchstelle einwirkende Gewalt (HOFMEISTER/SCHREIBER, MÖRL, MÖSENEDER, NITZSCHE, WANCKE et al.). Die hierbei auftretenden direkten Radialisparesen sind, wenn die Fraktur im mittleren oder unteren Schaftdrittel liegt und keine wesentliche Dislokation eingetreten ist, in vielen Fällen nur Folge der von außen erlittenen Nervenkontusion (HOFMEISTER/SCHREIBER, RIETHUS, SCHNITKER), wie der meist günstige Heilungsverlauf oder Operationsbefunde zeigen.

Länger bestehende Dislokationen, besonders solche ad longitudinem cum contractione, rufen prognostisch weniger günstige Radialisparesen hervor. Wohl tritt bei ihnen oft nur eine Alteration im Sinne einer Axonotmesis ein, dennoch heilen sie mehrfach erst nach operativer Therapie. GURDJIAN und GOETZ, die diese Beobachtung in einer klinischen Arbeit mitteilen, glauben, daß die bei schweren Dislokationen auftretenden Weichteilverletzungen mit ausgeprägter Narbenbildung in der

Umgebung des Nerven dessen initiale Druckschädigung verschlimmern oder die Regeneration verhindern.

Als prognostisch besonders ungünstig werden häufig direkte Radialisparesen bei Spiralfrakturen des unteren oder mittleren Drittels bezeichnet (GARCIA/MAECK, HOFMEISTER/SCHREIBER, JONASCH, RIETHUS, RUEFF/PELZL, SHAW/SAKELLARIDES, VICK). Eine von außen einwirkende Kontusion kommt hier als auslösend nicht in Betracht, da die Fraktur durch Kräfte hervorgerufen wird, die nicht direkt im Frakturbereich angreifen (GARCIA/MAECK, HOFMEISTER/SCHREIBER, JONASCH, RIETHUS, RUEFF/PELZL, SHAW/SAKELLARIDES, VICK). Der Nerv wird hierbei vielmehr oft durch Einklemmung im Frakturspalt beschädigt (HOFMEISTER/SCHREIBER, HOLSTEIN/LEWIS, JONASCH, RIETHUS, RUEFF/PELZL, SHAW/SAKELLARIDES, VICK). Dadurch kann er über längere Strecken einer anhaltenden Kompression ausgesetzt werden, die ihn schließlich mindestens im Sinne einer Axonotmesis schädigt und dann die Regeneration durch Druckeinwirkung verhindert (MUMENTHALER/SCHLIACK). Die Druckschädigung kann aber auch eine Neurotmesis hervorrufen, zumal die Fragmente bei Spiralfrakturen sehr scharfkantig sind und den Nerven auch glatt durchschneiden können (RIETHUS, RUEFF/PELZL). Aber nicht nur die Interposition ist bei den Spiralfrakturen zu befürchten, sondern auch die durch die Dislokation bedingte Anspannung über die scharfen Bruchenden bedroht den Nerven. Auch hier kann im schwersten Falle eine Durchtrennung aller

seiner Strukturen auftreten (RIETHUS, RUEFF/PELZL). Daß Radialisparesen bei einer bestimmten Bruchform fast regelmäßig Ausdruck einer schwerwiegenden Schädigung sind, beschreiben HOLSTEIN/LEWIS. Sie berichten über 8 Patienten. 7 von ihnen hatten eine Schräg- oder Spiralfraktur des Humerus, die am Übergang des medialen zum distalen Drittel lag, wobei das periphere Fragment immer nach lateral und proximal dislociert war und sich mit seiner Spitze in die Weichteile der Außenseite des Oberarmes bohrte. Der 8. Patient hatte eine Querfraktur in Schaftmitte. Die 7 Patienten wurden operiert und der Nerv fand sich zweimal interponiert, einmal aufgespießt, zweimal durchtrennt und zweimal erheblich gequetscht. Bei dem 8. Patienten bestand eine unter konservativer Therapie schnell abklingende flüchtige Lähmung.

Die besprochenen Mitteilungen können wohl in dem Sinne interpretiert werden, daß die Diagnose einer Radialisparese bei einer Spiral- oder Schrägfraktur des mittleren und unteren Schaftdrittels oder das Vorliegen einer stärkeren Dislokation die Befürchtung nahelegt, daß eine über das Maß der Neurapraxie hinausgehende Schädigung des Nerven besteht oder sich im weiteren Verlauf entwickeln wird. Umgekehrt darf aber, wie die Beobachtungen von GURDJIAN und GOETZ zeigen, bei anderen Frakturen,

die diese Bedingungen nicht erfüllen, nicht gefolgert werden, daß die dabei auftretenden Radialisparesen unbedingt immer gutartig sein müssen. Die Autoren fanden schwerwiegende Radialisschädigungen auch bei Querbrüchen in allen Bereichen des Humerusschaftes. Selbst bei Brüchen des oberen Schaftdrittels wurden Nervendurchtrennungen gesehen, wie auch andere Autoren bestätigen (GOLDNER/KELLEY, LEWIS, LEWIS/MILLER).

Dazu muß allerdings grundsätzlich bemerkt werden, daß Radialisdurchtrennungen bei Humerusfrakturen selten vorkommen (KUHLENDAHL, MUMENTHALER/SCHLIACK, NIGST(1955)).

Die Radialisschädigung bei den supracondylären Humerusfrakturen wird nur durch die Extensionsbrüche und die Trümmerbrüche des distalen Oberarmendes hervorgerufen. Mit einer Kompression des Nerven durch die Fragmentenden ist bei besonders starker Dislokation zu rechnen (BAUMANN, JAHNA (1959), KETTELKAMP, LANGE, LEWIS, MÜLLER et al., WANCKE, WITT). KRAMER teilt mit, daß die direkte Radialisparese bei den supracondylären Oberarmfrakturen sehr oft durch Interposition des Nerven zwischen die Fragmente entsteht.

Hinweise auf irgendeine Dislokations- oder Bruchform, die häufiger als andere mit Axonotmesis oder Neurotmesis des Radialis einhergeht, geben die genannten Autoren nicht.

Radialisparesen nach Humerusfrakturen.
Zusammenstellung aus dem Patientengut
des Oskar Helene Heims.

In dieser Untersuchung wird über die im Zusammenhang mit Humerusfrakturen aufgetretenen Radialisparesen berichtet, die zwischen August 1958 und April 1969 im Oskar Helene Heim beobachtet wurden. In dieser Zeit wurden 966 frische Oberarmfrakturen behandelt. 615 davon betrafen den proximalen Abschnitt des Oberarms, 113 den Schaft und 238 den distalen Abschnitt. Diese Zahlen enthalten nur die Patienten, die das Oskar Helene Heim direkt oder nach Notversorgung in einer Rettungsstelle aufsuchten. Die Auswahl wurde so getroffen, um eine Aussage zur Häufigkeit der Radialisparese nach Humerusfraktur geben zu können, die nicht durch gerade wegen dieser Komplikation überwiesene Patienten verfälscht wird.

Die 113 Schaftfrakturen waren in 13 Fällen durch Radialisaffektionen kompliziert.

Beschreibung der Fälle.

I. Direkt nach der Fraktur aufgetretene Funktionsstörungen des Radialis
a) Komplette Lähmungen

1. (H.,A., 26 J.) Biegungsfraktur mit ausgebrochenem Keil in Schaftmitte. Geringe Dislokation. Sofort aufgetretene Fall-

hand. Sensibilitätseinschränkung der Streckseite des I, II und der radialen Hälfte des III Fingers. Verkleinerung des sensibilitätsgestörten Gebietes nach 2 Tagen. Offene Versorgung der Fraktur durch Küntschernagelung am 3. Tag. Inspektionsbefund des Nerven: Blutige Imbibierung in Frakturhöhe. Verlauf: Leichte Willkürextension nach 11 Tagen. Volle Gebrauchsfähigkeit der Hand nach 5 Monaten.

2. (S., H., 71 J.). Splitterfraktur im proximalen Schaftdrittel. Starke dislocatio ad axin (medial offener Winkel). Keine Sensibilitätsstörung. Konservative Therapie (Pat. lehnte vorgeschlagene Operation ab). 11 Wochen nach

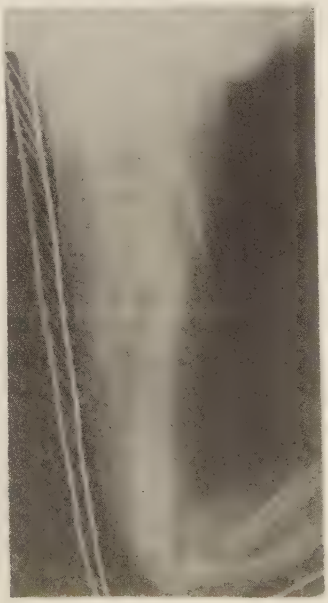


Abb. 2a Abb. 2b
Röntgenbild zu Pat. 2 (S., H.)

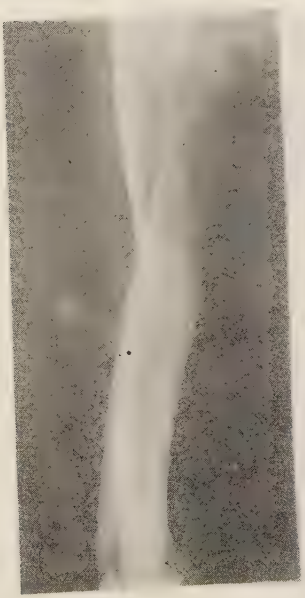
dem Unfall erste Willkürextensionen der Hand. Nach weiteren 9 Wochen Beginn der Gebrauchsfähigkeit der Hand. Volle Gebrauchsfähigkeit der Hand nach ungenau erinnerlichem Zeitablauf. Bei Nachuntersuchung (2 Jahre später) klagt Pat. über gelegentliche Parästhesien zwischen Metacarpale I und II.

3. (S., F., 67 J.). Erheblich dislozierte Schrägfraktur am Übergang des proximalen zum medialen Schaftdrittels. Keine Sensibilitätsstörung. Konservative Therapie. Nach 18 Tagen erste Willkürextension im Handgelenk. Nach weiteren 29 Tagen Besserung bis zur leidlichen Gebrauchsfähigkeit der Hand, Fingerstreckung durchführbar, Daumenextension fehlt noch bis etwa 8 1/2 Wochen nach der Fraktur völlig. Restitutio ad integrum. Zeitbedarf nicht angebbar.

I. b) Inkomplette Lähmungen

4. (F., H., 55J.). Spiralfraktur des mittleren Schaftdrittels. Ganz geringe Dislokation. Par- und Hypästhesien der Dorsalseite der Finger I und II. Konservative Therapie. Nach 19 Tagen Entlassung mit Hängegips. 7 Wochen nach dem Unfall Wiederaufnahme zur Gipsentfernung. Jetzt komplette motorische Lähmung. Fraktur noch nicht konsolidiert. Deshalb (51 Tage nach Fraktur) Radialisrevision und Osteosynthese. Der Nerv ist fest im Frakturspalt eingemauert und über 6 cm deutlich verschmächtigt. 11 Wochen nach Operation erste Registrierung

von schwachen Willkürextensionen im Handgelenk. Geringe Fingerextension nach weiteren 24 Wochen (Beobachtung noch nicht abgeschlossen).



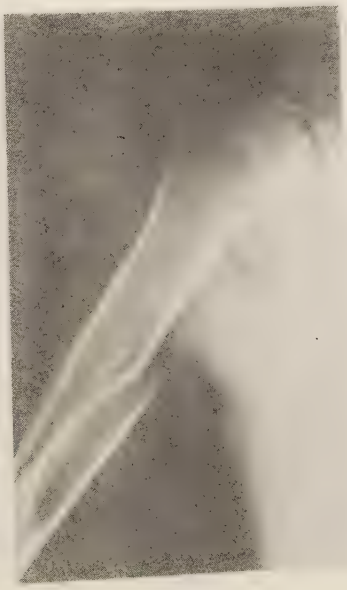


Abb. 3a Abb. 3b
Röntgenbild zu Pat. 4 (F., H.)

5. (Z., W., 25J.) Torsionsfraktur am Übergang des mittleren zum distalen Schaftdrittel mit nach dorsal offenem Winkel. Am Unfallabend Radialisrevision und Osteosynthese wegen Überganges der partiellen Parese in komplette. Radialis zwischen Fragmente

eingeklemmt, makroskopisch unauffällig. Erste Willkürkontraktionen im Handgelenk nach 7 Tagen. Volle Restitution nach 24 Tagen. Letzte poliklinische Beobachtung des Patienten 1 1/2 Monate nach der Fraktur.

Abb. 4a

Abb. 4b

Röntgenbild zu Pat. 5 (Z., W.)

I. c) Ausschließlich sensible Störungen

6. (G., E., 55J.) Querbruch in Schaftmitte. Außerdem Claviculafraktur am lateralen Drittelpunkt. Kurz nach der Fraktur flüchtige Gefühllosigkeit in der Hand.

Pat. kann die Angabe nicht näher präzisieren. Plexusdruck? Radialisirritation? Letzte poliklinische Beobachtung 2 1/2 Monate nach dem Unfall. Keine Feststellung von Innervationsstörungen.

II. Im Verlauf aufgetretene Funktionsstörungen.
a) komplette Lähmungen
wurden in dieser Gruppe nicht beobachtet.

b) inkomplette Lähmungen

7. (W., I., 2oJ.) Biegungsfraktur am Übergang des oberen zum mittleren Drittel mit Keilausbruch. Direkt nach Reposition und Anlage eines Hängegipses (Narkose) aufgetretene Extensionsschwäche von Hand und Fingern mit Daumenabduktionsschwäche. 3 Stunden nach sofortiger Gipsspaltung zurückgebildet. 2 Tage später fällt am Morgen Parese der Fingerstrecker auf. Röntgenkontrolle: Redislokation um Schaftbreite. Reposition. Restitutionsbeginn nach wenigen Tagen. Bei Entlassung noch partielle Lähmung. Befragung 1o Jahre nach dem Unfall nach weiterem Verlauf gibt nur ungenaue Angaben. Offenbar schnelle Restitution. Direkte Untersuchung: Keine Funktionsstörung.

c) ausschließlich sensible Störungen

8. (F., D., 24J.). Spiralfraktur im distalen Schaftdrittel. Am 3. Tag Hypästhesie am Daumenrücken. Veränderung der Position

des Hängegipses unter dem Bildwandler. Rückbildung der Sensibilitätsstörung innerhalb weniger Tage. Letzte klinische Beobachtung 2 Monate nach Fraktur zeigt keine Innervationsstörungen.

9. (H., B., 24J.). Spiralfraktur am Übergang des mittleren und unteren Drittel. Wegen am 3. Tag auftretenden "Taubheitsgefühls im Radialisbereich" und Hypästhesie wird statt des Hängegipses ein Thoraxarmgipsverband angelegt. Rückgang der Störung bis auf einen kleinen Sensibilitätsdefekt am Daumenrücken innerhalb von 3 Tagen. Letzte poliklinische Kontrolle 99 Tage nach der Fraktur zeigt restitutio ad integrum.

10.(Dr. S., H., 7oJ.). Trümmerfraktur des proximalen Schaftdrittels mit erheblicher Dislokation ad axin et longitudine cum contractione. Am 3. Tag treten bei Lagewechsel des Hängegipses Parästhesien an der Dorsoradialseite des Unterarmes und der radialen Handrückenhälfte auf. Nach Verlängerung des Gipsverbandes über die Schulter und stärkerer Gewichtsbelastung gelegentlich noch Beschwerden, die schließlich sistieren. Letzte klinische Kontrolle 6 Monate nach dem Unfall zeigt keine Innervationsstörungen.

III. Radialisfunktionsstörungen mit nicht bekanntem Zeitpunkt des Beginns.

11/

12. (M., F., 82J.). Beiderseitige Frakturen in Schaftmitte bei 82-jährigem Patienten. Multiple weitere Knochenbrüche (Verkehrsunfall). In der Aufnahmeuntersuchung keine Erwähnung einer Radialisaffektion. 1 Monat später beiderseits Radialisparese. Keine Besserung des Befundes. Exitus letalis 3 1/2 Monate nach dem Unfall.

13. (R., C., 6J.). Schaftquerfraktur am unteren Drittelpunkt bei Osteogenesis imperfecta. 15 Tage später Wiedervorstellung des Kindes. Diagnose einer Fallhand (komplette Lähmung). Aktive Dorsalflexion der Hand nach 4 Wochen möglich. Die Fingerstreckung fehlt nach weiteren 3 Wochen. Wiedervorstellung nach 1 Jahr: keine Innervationsstörung.

14. (R., A., 89J.). Schrägfraktur im proximalen Schaftdrittel bei 89-jähriger Patientin. Schlechte Stellung der Fraktur. Zwischen dem 7. und 10. Tag nach dem Unfall Entwicklung einer Fallhand (Paralyse). Keine Veränderung des Befundes bis zum Exitus letalis 5 Wochen nach der Aufnahme.

Es wurden somit 14 direkt frakturbedingte Radialisparesen (Patient Nr. 11 hatte beiderseitige Schaftfrakturen mit Radialisparesen)

bei insgesamt 113 Oberarmschaftfrakturen gesehen. 4 mal bestand nur eine Sensibilitätsstörung, wobei in Fall 6 die Entscheidung, ob dieser überhaupt in die Gruppe gehört, schwierig ist. Unter Einbeziehung der Sensibilitätsstörungen als Kriterium der Radialisparesen ergäbe sich für unsere Klinik eine Häufigkeit von 11,5 (Fall 6 eliminiert) bzw. 12,5% (mit Fall 6), oder von 8,5% bei Ausschluß der Sensibilitätsstörungen.

Bei den 238 Frakturen des distalen Humerus fanden wir 5 Radialisparesen.

Beschreibung der Fälle:

I. Direkt nach der Fraktur aufgetretene Funktionsstörungen des Radialis.

15. (P., H., 22J.). Supra-diacondyläre Hyperextensionsfraktur. Proximales Fragment weit in die Ellenbeuge dislociert. Fallhand (komplette Lähmung). Parästhesien und Sensibilitätsherabsetzung der Dorsalseiten des I, II und der radialen Hälfte des III Fingers. Offene Frakturversorgung auch wegen gleichzeitig aufgetretener Durchblutungsstörungen. Verwendung einer Corticalisschraube und zweier Kirschnerdrähte. Radialis äußerlich intakt. Restitution der Radialisfunktion innerhalb von 3 1/2 Monaten.

16. (W., L., 8J.). Supra-diacondyläre Hyperextensionsfraktur. Erhebliche Dislokation.

Fallhand (komplette Lähmung).
Sofortige offene Reposition und Kirschnerdrahtfixation. Der Radialis reitet auf der Kante des proximalen Fragments und ist äußerlich intakt. Erhebliche Zerstörung des m. brachioradialis. Postoperativ ist eine aktive Extension der Hand und Finger möglich. Vollständige Restitution innerhalb von 4 Tagen.

17.(N., R., 3J.). Supracondyläre Hyperextensionsfraktur. Über Schaftbreite Dislokation des distalen Fragments nach ulnar. Ausfall der Extendierbarkeit und Abduzierbarkeit des Daumens. Offene Reposition und Fixation mit Kirschnerdrähten. Deutliche Besserung nach 4 Wochen. Bei poliklinischer Untersuchung 7 Monate später keine Innervationsstörung.

II. Im Verlauf aufgetretene Funktionsstörungen.

18.(S., E., 6oJ.). Supra-diacondyläre Hyperextensionsfraktur. Parästhesien im Bereich der Dorsalseite des Daumens nach Repositionsversuch in Lokalanästhesie. Wegen Mißlingen des Repositionsversuches wird die Fraktur offen versorgt und mit Kirschnerdrähten fixiert. Rückbildung der Parästhesien nach 2 Monaten.

19.(K., M., 6J.). Supracondyläre Hyperextensionsfraktur. Dislokation des distalen Fragments nach radial bei gleichzeitiger Rotation. Reposition. 3 Tage später inkomplette Fallhand bei Redislokation.

Offene Reposition und Kirschnerdrahtfixation. Radialis unauffällig. 7 Tage später keine Motilitätsstörungen.

Wir fanden also unter den frischen supracondylären Humerusfrakturen, die bei uns behandelt wurden, unter Einbeziehung der Sensibilitätsstörungen als Maßstab eine Häufigkeit von 2,1%. Schließen wir diese aus, so beträgt der Prozentsatz 1,7%.

Die Aufgliederung der übrigen in unserem Patientengut enthaltenen Fälle von Radialisparesen, die durch Humerusfrakturen und ihre Behandlung hervorgerufen wurden, ergibt sich aus folgender Übersicht:

	Patientenzahl
I. Radialisparesen nach Schaftfrakturen	
1) nach primär alio loco behandelten Fällen:	
Einweisungsgrund	
a) frische Radialisparese, Weiterbehandlung	3
b) länger zurückliegende Radialisschädigung, Ersatzplastik vorgeschlagen	7
c) Pseudarthrose oder verzögerte Frakturheilung	6
d) alia causa	1
	17

	Patientenzahl
2) Radialisparesen nach Operationen im Oskar Helene Heim:	
a) nach operativer Behandlung frischer Frakturen	3
b) Radialisparesen nach im OHH durchgeführten Operationen wegen Pseudarthrose oder verzögerter Heilung*	9
	12
3) Radialisparesen nach Sequestrotomie im OHH	1

II. Radialisparesen nach distalen Humerusfrakturen

1) bei alio loco erstbehandelten Patienten	
a) frische Radialisparesen zur Weiterbehandlung	2
b) länger zurückliegende Radialisschädigung	1
	3
2) nach operativer Behandlung frischer Frakturen im OHH aufgetreten	3

*Einer dieser Fälle ist bereits in den Paresen nach Operation von Schaftfrakturen (2a) enthalten. Die Lähmung war aber völlig zurückgegangen.

	Patientenzahl
3) nach Operationen wegen Frakturfolgezuständen (im OHH)	
a) Cerclagenentfernung	1
b) Arthrolyse	1
c) Umstellungsosteotomie	1
	3

Eine Summierung der aufgezeigten Fälle ergibt eine Fallzahl von 58, die während des überblickten Zeitraumes von etwa 11 Jahren im Oskar Helene Heim beobachtet wurden.

Radialisparesen nach alio loco behandelten Humerusfrakturen.

I. Radialisparesen bei Schaftfrakturen.

1) Nach primär alio loco behandelten Frakturen

a) 3 frischere Fälle

2o. (H., W., 29 J.). Direkt nach Querfraktur in Schaftmitte aufgetretene Fallhand. Sofortige geschlossene Nagelung. Übernahme des Patienten (aus persönlichen Gründen). Phemisterspanung 6o Tage nach dem Unfall wegen verzögerter Konsolidierung der Fraktur bei unveränderter Lähmung. Neurolyse des Radialis aus Narbengewebe. Kleines seitliches Neurom wird nicht reseziert. Restitutionsbeginn nach 13 Wochen, Abschluß nach 26 Wochen. Ergebnis: Vollständige Gebrauchsfähigkeit der Hand (Radrennfahrer).

Abb. 5a Abb. 5b
Röntgenbild zu Pat. 2o (H., W.)

21. (W., I., 59J.). Schrägfraktur im unteren Schaftdrittel. Unter ambulanter Therapie auftretende motorische Radialisschwäche entwickelt sich innerhalb der ersten 12 Tage zur Fallhand (komplette Lähmung). Keine Sensibilitätsstörungen. Operative Frakturbehandlung wegen Spannungsblasenbildung erst nach weiteren 8 Tagen möglich. Der Nerv wird zwischen den kallös verbackenen Fragmenten gefunden. Platten-

osteosynthese. Verlagerung von Muskulatur zwischen Metall und Radialis. Restitutionsbeginn 37 Tage später. Abschluß etwa nach 6 Monaten. Vollständige Gebrauchsfähigkeit der Hand, subjektiv wird gelegentliches Schwächegefühl bemerkt (Sensibilität intakt).

22. (K., H., 47J.). Querfraktur in Schaftmitte mit Fallhand (komplette Lähmung). Unsichere Angaben zum Entstehungszeitpunkt. Spätestens nach Repositionsversuch. 5 Tage nach dem Unfall Überweisung wegen der Parese. Erneute Reposition. Remissionsbeginn 4 Tage später, Abschluß mit vollständiger motorischer Restitution nach 8 Wochen.

b) Länger zurückliegende Radialisschäden. Einweisung zur Muskelplastik.

In 5 der 7 Fälle dieser Gruppe lag eine Fraktur im mittleren Schaftdrittel vor. Zweimal war die Lähmung sicher zusammen mit der Fraktur aufgetreten.

23. (S., A., 28J.). Offene Schrägfraktur. Versorgung mit Cerclage. 2o Monate später noch keine Remissionszeichen. Ersatzplastik.

24. (K., K., 62J.). Querfraktur. Unter konservativer Therapie anfängliche Besserung, die dann sistierte. Bei Aufnahme ins Oskar Helene Heim 5 Monate nach der Fraktur Feststellung weiterer Funktionsverbesserung. 3 Monate später ist die Hand wegen Extensionsschwäche noch nicht voll gebrauchsfähig.

Schließlich fast komplette Restitution der Motorik. Daumenabduktion schwach.

In 2 weiteren Fällen (25, 26) ist es unsicher, ob die Parese direkt nach der Fraktur bestand oder durch geschlossene Nagelung hervorgerufen wurde. In beiden Fällen handelt es sich um Querfrakturen im mittleren Drittel:

25. (B., W., 21J.). Patient wurde 7 1/2 Monate nach Auftreten der Lähmung aufgenommen und konservativ behandelt, da Regenerationszeichen bestanden. Deutliche Besserung der Extendierbarkeit der Hand. Letzte poliklinische Untersuchung 13 Monate nach der Fraktur zeigte noch unvollständige Lähmung. Weitere Informationen sind nicht zu erhalten (Patient verstorben).

26. (L., D., 25J.). Etwa 29 Wochen nach Auftreten der Lähmung erfolgt wegen operativ gefundener Neurombildung Resektion. Naht ohne Erfolg. Deshalb später Muskelplastik.

In einem 5. Fall (Nr. 27) trat die Radialislähmung erst 1 Jahr nach der Fraktur auf:

27. (B., R., 52J.). Hier bestand eine Osteomyelitis nach operativer Frakturbehandlung. Der Patient wurde 2 1/2 Jahre nach Eintritt der Lähmung im Oskar Helene Heim aufgenommen. Therapie: Muskelplastik.

Die beiden übrigen Radialislähmungen dieser Gruppe traten im Zusammenhang mit Frakturen

des unteren Schaftdrittels auf:

28. (K., W., 49J.). Eindeutig postoperative Lähmung. Die anderen Ortes durchgeführte Revision zeigte eine Durchquetschung des Nerven durch eine Federblattschraube. Die durchgeführte Naht war erfolglos. 3 Jahre später Radialisersatzplastik im Oskar Helene Heim.

29. (K., P., 19J.). Die Lähmung trat wahrscheinlich direkt nach der Fraktur auf. Geschlossene Nagelung. 3 Monate später Revision: Radialisdurchtrennung. Naht. Überweisung ins Oskar Helene Heim 1 1/2 Monate später. Restitutio ad integrum unter exspektativer Therapie.

c) Radialisfunktionsstörungen bei Patienten, die zur Behandlung von Pseudarthrosen eingewiesen wurden.

Bei allen 6 Patienten dieser Gruppe (Fälle 30-35) stand die verzögerte Frakturheilung oder Pseudarthrose als Einweisungsdiagnose im Vordergrund. 3mal bestanden lediglich Sensibilitätsstörungen (30, 31, 32). Bei 2 Patienten fanden sich in Rückbildung begriffene ehemals komplette Radialislähmungen (33, 34). Beide waren 4 Monate zuvor aufgetreten. Bei dem 6. Patienten (35) bestand eine komplette Radialislähmung. Nur in diesem Fall war die Lähmung mit Sicherheit nicht Operationsfolge, da die Fraktur konservativ behandelt worden war. Bei den

übrigen Patienten kann nicht differenziert werden, ob die Funktionsstörung vor den als Ursache in Frage kommenden Operationen schon bestand. In diesen 5 Fällen fanden sich bei der hier durchgeführten operativen Behandlung der Pseudarthrosen narbig umscheidete Nervenabschnitte. Bei den 2 Patienten mit motorischen Ausfällen (33, 34) ließen sich außerdem kleine Endoneurome tasten. Bei dem 6. Fall (35) (Pseudarthrose nach Splitterfraktur am Übergang des proximalen zum medialen Drittel) fand sich bei Plattenversorgung der Pseudarthrose, 19 Wochen nach dem Unfall, der Nerv über weite Strecken kallös zwischen den Fragmenten eingemauert. Eine Neurolyse konnte nicht durchgeführt werden. Der Befund änderte sich nicht.

d) Die 17. Radialisparese (36) in dieser Gruppe wurde bei der Aufnahme zufällig entdeckt. Aufnahme erfolgte wegen einer frischen Radiusfraktur. Die Patientin hatte sich 5 Wochen vorher einen Torsionsbiegungsbruch des kontralateralen Humerus in Schaftmitte zugezogen. Bei der Routineuntersuchung klagte sie über erstmalig bemerkte Parästhesien an den Dorsalseiten der ersten drei Finger. Röntgenologisch wurde luxurierender Callus nachgewiesen. Revision des Radialis. Der Nerv fand sich im Callus verbacken, stellenweise verschmächtigt und imbibiert. Restitutio ad integrum.

2) Radialisparesen nach Operationen im Oskar Helene Heim.

a) nach operativer Behandlung frischer Frakturen

Alle 3 Radialisparesen dieser Gruppe (37-39) traten nach offener Frakturversorgung auf. In einem Fall (37) wurde die Osteosynthese bei einer langen Schrägfraktur des unteren Schaftdrittels mit Absprengung eines langen Corticalissplitters durchgeführt, weil die Patientin bei Bewegung der Fragmente über Parästhesien im Radialisgebiet klagte. Bei der Plattenversorgung der Fraktur wurde der Radialis isoliert. Postoperativ bestanden kurzfristig Sensibilitätsstörungen an der Dorsalseite des Daumens.

Die beiden anderen Operationen (38, 39) wurden am 6. Tag nach dem Unfall durchgeführt, weil konservativ keine ausreichende Reposition erreicht werden konnte.

Es handelte sich um eine Spiralfraktur (38) des mittleren Schaftdrittels, die mit einer Platte versorgt wurde. Postoperativ bestand eine Fallhand (komplette Lähmung) und Taubheitsgefühl an der Dorsalseite des Daumens. 8 Wochen später wurde die Fraktur nochmals freigelegt. Die Schrauben hatten sich gelockert. Eine neue Platte und ein Span wurden angelegt. Restitutionsbeginn des Radialis 11 Wochen nach der zweiten Operation, Abschluß mit völliger Gebrauchsfähigkeit der Hand, aber noch bestehendem

subjektiven Schwächegefühl 13 Wochen nach dem Unfall.

Im anderen Fall (39) bestand eine Splitterfraktur im unteren Schaftdrittel. Offene Nagelung. Der Radialis zeigte bei Darstellungen blutige Imbibierung im Frakturbereich. Es bestand aber keine Funktionsstörung. Postoperativ fand sich eine Extensionsschwäche der Hand und Finger und eine Daumenabduktionsschwäche, die sich schnell zurückbildete. Exakte Angaben über die Restitutionszeit sind nicht zu erhalten.

b) Radialisparesen nach im Oskar Helene Heim durchgeführten Operationen wegen Pseudarthrosen oder verzögerter Heilung.

Die Summe der durch Pseudarthrosenoperationen hervorgerufenen Paresen beträgt 9 (4o-48). Dabei sind aber nur die Fälle erfaßt, bei denen praeoperativ eine intakte Radialisfunktion bestand. In 3 weiteren Fällen, die schon in I/1/c besprochen wurden (32, 33, 34), kam es zu einer reversiblen Verschlechterung des Vorbefundes. Die Summe der 9 übrigen Fälle enthält auch den in I/2/a erwähnten Patienten (39), dessen Parese nach operativer Frakturbehandlung sich voll zurückgebildet hatte und die nach der Radialispräparation bei der später notwendig gewordenen Pseudarthrosenoperation auch nur in Form von reversiblen Sensibilitätsstörungen erneut bemerkt wurde. In den 8 anderen Fällen entwickelte sich immer eine motorische Störung,

und zwar 6mal in Form einer kompletten, zweimal in Form einer inkompletten Lähmung. 7 bildeten sich bis zur vollen Gebrauchsfähigkeit zurück. Im 8. Fall konnte der Patient nicht abschließend untersucht werden.

Die in der Übersicht erscheinende Radialisparese nach Sequestrotomie (49) sei der Vollständigkeit halber hier nochmal erwähnt. Es handelte sich um eine Fraktur im mittleren Schaftdrittel. Der Patient erinnerte sich, auch nach anderen Ortes durchgeführter operativen Behandlung der Fraktur eine flüchtige Radialislähmung gehabt zu haben. Die hier aufgetretene postoperative Funktionsstörung betraf nur die Extensoren der Finger und war nach einer Woche vollständig zurückgebildet.

II. Radialisparesen nach distalen Humerusfrakturen.

1) Bei alio loco erstbehandelten Patienten
a) frische Radialisparesen

5o. (G., A., 51J.). Komplette Lähmung der Fingerextensoren bei stark dislozierter supracondylärer Hyperextensionsfraktur. Außerdem bestand eine Ulnarisparese. Verlegung 4 Tage nach dem Unfall. Offene Reposition und Kirschnerdrahtfixation wegen Blasenbildung erst nach weiteren 4 Tagen möglich. Radialis unauffällig. 3 Tage später Restitutionsbeginn der

Funktionsstörung beider Nerven. Bei poliklinischer Kontrolle nach 10 Monaten keine Innervationsstörung.

51. (S., R., 12J.). Supra-diacondyläre Humerusfraktur mit Radialisparese nach Reposition. Daraufhin operative Revision, bei der der Nerv über die Kante des proximalen Fragments gespannt gefunden wurde. Reposition, Cerclage (Bericht der behandelnden Universitätsklinik Innsbruck). Bei der Aufnahme zur Weiterbehandlung im Oskar Helene Heim nach 10 Tagen besteht nur noch eine Fingerextensionsschwäche, besonders ausgeprägt am V. Finger, die bei Wiederaufnahme zur Cerclagenentfernung nach 7 Monaten nicht mehr nachweisbar ist.

b) länger zurückliegende Radialisschädigung

52. (D., A., 68J.). Wahrscheinlich postoperative Radialisparese bei Zustand nach supracondylärer Humerusfraktur. 4 1/2 Monate später Aufnahme zur Ersatzplastik, die für einen späteren Termin, falls nötig, geplant wird. Pat. stellt sich nicht wieder vor. Nach Auskunft des behandelnden Arztes hat sich die Lähmung nicht zurückgebildet. Die Patientin lehnte die vorgeschlagene Operation ab.

2) Nach operativer Behandlung frischer Frakturen im Oskar Helene Heim aufgetretene Radialisschädigung.

Hierbei handelt es sich um 2 offene Repositionen (53, 54) und Kirschnerdrahtfixationen, die wegen mangelhaften Repositionsergebnisses durchgeführt

wurden. In beiden Fällen entwickelte sich eine inkomplette Lähmung, die sich einmal innerhalb von 10 Tagen (53) völlig zurückbildete. Im anderen Fall trat volle Restitution nach 3-5 Wochen ein (54). Bei dem dritten Patienten (55) war eine percutane Kirschnerdrahtfixation durchgeführt worden. Im Operationsbericht findet sich der Vermerk, daß der Arm bei einem Drahtschuß gezuckt habe. Postoperativ besteht Fallhand (komplette Lähmung). Entlassung aus klinischer Behandlung 15 Tage später. Keine direkten Restitutionszeichen. 6 Monate später bei poliklinischer Untersuchung einwandfreie Radialisfunktion.

Bei den in der Übersicht unter II/3 erscheinenden Fällen handelt es sich um reversible motorische Funktionsstörungen. Sie werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt (56, 57, 58).

Die hier angeführten kasuistischen Mitteilungen wurden zum größten Teil aus den klinischen Unterlagen entnommen. Eigene Nachuntersuchungen wurden bei den Fällen angestellt, bei denen das Studium der Krankengeschichte die Vermutung aufkommen ließ, daß der abschließend aufgezeichnete Befund noch nicht dem zu erwartenden Endergebnis entsprach.

Aufzeichnungen über elektrodiagnostische Untersuchungsbefunde wurden hier nicht berücksichtigt, da ja in fast allen Fällen nach

zeitlich ausreichender klinischer Kontrolle das endgültige Resultat registriert werden konnte. Ohnehin waren auswertbare Befunddokumentationen nicht immer zu erhalten. Elektromyographische Untersuchungen lagen fast gar nicht vor, da das entsprechende Gerät nur zeitweilig zur Verfügung stand.

Die Bewertung der Abschlußbefunde erfolgt im Wesentlichen nach praktischen Gesichtspunkten. Fand sich eine im täglichen Leben ausreichende Funktion der Hand, so wurde das Resultat als gut betrachtet. Eine endgültige Gebrauchsunfähigkeit der Hand wird als schlechtes Ergebnis registriert.

Die wiedergegebenen Angaben über Sensibilitätsstörungen sind, soweit sie sich nicht auf Parästhesien beziehen, manchmal mit Vorbehalt zu bewerten. So erscheint doch die Feststellung eines Ausfalls "im ganzen Sensibilitätsgebiet des Radialis", wie in manchen Krankenblättern zu finden war, fragwürdig.

Die Mitteilungen über motorische Ausfälle sind in den meisten Fällen etwas zu allgemein. Wohl wurde immer zwischen kompletten und inkompletten Lähmungen differenziert, Angaben über den proximalsten gelähmten Muskel fehlen dagegen meistens. Dieser Mangel erklärt sich aus praktischen Gegebenheiten: Meist ist der brachioradialis der in Frage kommende Muskel. Seine Funktionsprüfung ist bei einer frischen Fraktur unmöglich. Bei der nächsten Gelegenheit zur Untersuchung ist der fragliche Ausfall oft schon wieder behoben.

Diskussion

Gegenüberstellung der Behandlungsvorschläge von Humerusfrakturen mit direkt durch sie verursachten Radialisparesen.

Einleitend wurde festgestellt, daß in der Literatur prinzipiell drei verschiedene Therapiepläne vorgeschlagen werden.

1) operative Behandlung der Humerusfraktur in jedem Fall, wobei immer der Nerv dargestellt wird und das weitere Vorgehen von dem Zustand des Nerven abhängig gemacht wird (BANDI, BILINSKI/ZAWADKA, KÜPPERMANN, MÜLLER et al., NIGST (1962), VICK, VICK/KELLERMANN)

2) operative Behandlung der Fraktur in speziellen Fällen (FUCHS, FUCHS/BUSHE, GARCIA, GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, GURDJIAN/SMATHERS, HOLSTEIN/LEWIS, JONASCH, MUMENTHALER/SCHLIACK, RUEFF/PELZL, SCHNITKER, SCHWARZER, SHAW/SAKELLARIDES)

3) fast immer konservative Behandlung der Fraktur (BÖHLER (1962, 1963, 1964, 1965), BODECHTEL et al., BUFF, JAHNA (1957), JAHNA (1959), KETTELKAMP/ALEXANDER, KRAMER, LANGE (1949), LANGE (1967), LIPSCOMB/BURLESON, MÖRL, MÖSENEDER, DE MOURGES, MUMENTHALER/SCHLIACK, PASS, SHAW/SAKELLARIDES).

Konservative oder operative Behandlung der nicht durch Radialisparese komplizierten Frakturen des Schaftes und des distalen Endes des Humerus.

Um die Argumente, die zur Rechtfertigung der Empfehlungen gebraucht werden, darzulegen, erscheint es notwendig, einen Überblick über die Auffassung der oben aufgeführten Autoren zur Therapie der nicht durch eine Radialisparese komplizierten Fraktur des Schaftes und des distalen Endes des Humerus zu geben. Es zeigt sich nämlich bei Durchsicht der Literatur, daß grundsätzlich zwar die Tendenz besteht, diese Brüche konservativ zu behandeln, daß jedoch in einzelnen Fällen die operative Therapie von manchen Autoren positiv beurteilt wird.

Die Verfechter der ausschließlich konservativen Therapie der Schaftfrakturen rechtfertigen diese mit ihrer Erfahrung, daß mit dieser Methode die besten Ergebnisse erreicht werden und die Zahl der Komplikationen und Mißerfolge geringer als bei anderen Verfahren wäre (BANDI, BÖHLER (1962, 1963 (I), 1964, 1965), CHARNLEY, JONASCH, LANGE (1949), NITZSCHE, RUEFF/PELZL). BÖHLER geht mit seinen Empfehlungen sogar so weit, daß er in einem Vortrag vorschlagt, in den Lehrbüchern die Besprechungen der operativen Behandlung der Humerusfrakturen zu streichen (1964) - sinngemäß wiedergegeben -.

Auch für die supracondyläre Humerusfraktur wird eine ausschließlich konservative Therapie von einigen Autoren empfohlen (BÖHLER (1963 (I),

1963 (II), CHARNLEY, JAHNA (1957, 1959)), und wie therapeutische Berichte zeigen, mit Erfolg praktiziert (JAHNA (1957, 1959)).

BETZEL, der zwar auch mehr für Zurückhaltung gegenüber der Osteosynthese plädiert, räumt in seinen Ausführungen ein, daß ihre Anwendung im Rahmen der Weiterentwicklung der operativen Möglichkeiten eher gerechtfertigt erscheint als früher.

Viele Autoren tragen dieser Tatsache Rechnung und empfehlen unter der Einschränkung, daß sich die Routinebehandlung konservativer Methoden bedienen soll, in bestimmten Fällen die operative Therapie zur Erzielung funktionell günstiger Resultate und oft auch zur Vermeidung von Heilungsverzögerungen und Pseudarthrosen (BANDI, DECOULX/DUCLOUX, GURDJIAN/GOETZ, KETTELKAMP/ALEXANDER, KUPPERMANN, MÜLLER et al., SCHÜRCH/WILLENEGGER, VICK/KELLERMANN).

Der Einsatz der Osteosynthesemethoden erscheint nur gerechtfertigt, wenn für ihre Durchführung optimale Voraussetzungen geboten sind. Erforderlich ist ein optimal ausgebildetes Personal und eine vollständige operative Ausrüstung (MÜLLER et al., SCHWARZER).

MÜLLER et al. fordern eine laufende Überwachung der eigenen Ergebnisse. Behandlungsstätten, deren kritisch überdachte Erfolgsstatistik zeigt, daß die konservativ behandelten Patienten bessere Resultate als die operativ behandelten aufwiesen, sollten auf die Anwendung der Osteosynthese am Humerus

verzichten. Als eine wichtige Voraussetzung für die Vermeidung von Mißerfolgen fordern sie die Berücksichtigung des günstigen Operationszeitpunktes. Eine Frühoperation von Humerusschaftfrakturen sollte innerhalb der ersten 8 Stunden durchgeführt werden. Wenn dieser Zeitpunkt überschritten wurde, ist es am günstigsten, den Bruch innerhalb des 4. bis 8. Tages nach dem Unfall zu operieren.

Als Operationsindikation werden Repositionshindernisse angesehen, die oftmals auf der Interposition von Weichteilen beruhen (KETTELKAMP/ALEXANDER, SCHÜRCH/WILLENEGGER, SCHWARZER, VICK/KELLERMANN). Auch die schlechte Fixierbarkeit der Querfrakturen und kurzen Schrägfrakturen wird oft als Operationsanzeige gewertet (BANDI, DECOULX/DUCLOUX, GURDJIAN/GOETZ, KÜPPERMANN, MÜLLER et al., SCHWARZER, VICK/KELLERMANN). Das gilt besonders dann, wenn weitere Verletzungen, wie etwa Rippenbrüche, vorliegen (KETTELKAMP/ALEXANDER, KÜPPERMANN).

Für die Behandlung der supracondylären Frakturen beim Erwachsenen empfiehlt sich bei Bedarf die operative Versorgung zur Erzielung funktionell günstiger Ergebnisse, da hier eine genaue Reposition einerseits besonders nötig, andererseits besonders schwer erreichbar und fixierbar ist (DAUM et al., MÜLLER et al., WANCKE et al., WITT et al.).

Humerusschaftfrakturen bei Kindern werden im allgemeinen nicht operativ behandelt. Auch

die supracondylären Frakturen werden, wenn sie komplikationsfrei sind, konservativ behandelt. Eine Ausnahme machen die intraarticulären Brüche, die eine exakte Reposition erfordern, die oft konservativ nicht erreicht werden kann (RANDI, MÜLLER et al.).

Notwendigkeit der operativen Behandlung der Radialisparese bei Humerusfrakturen.

Die Erörterung der Behandlungsmöglichkeiten zeigt, daß schon über die Therapie der nicht durch Radialislähmungen komplizierten Humerusfrakturen keine einheitlichen Vorstellungen bestehen. Hierin liegt zum Teil die Ursache für die Verschiedenheit der Therapievorschläge für die durch Radialisparese komplizierte Humerusfraktur.

Diejenigen Autoren, die die operative Therapie der Humerusfraktur generell für unnötig halten, sind auch der Meinung, daß die mit ihr vergesellschaftete Radialisparese fast nie einen Grund für ein Abweichen von dieser Einstellung bietet. BÖHLER berichtet dazu (1962), unter den weit über 1 ooo Humerusfrakturen, die er konservativ behandelt habe, nur 2 irreversible Radialisparesen gesehen zu haben. Ohne Angaben von Zahlen bestätigen auch andere Quellen (CANNON, COMPERE et al., WANCKE et al.) die Ansicht BÖHLERs. Weniger konservativ eingestellte Autoren berichten andererseits über eine erhebliche Zahl von operativ gefundenen Nervenschäden bei direkten Radialisparesen, die nach allgemeiner Auffassung eine Spontan-

regeneration ausgeschlossen erscheinen lassen. Zur Illustration dieser gegensätzlichen Auffassungen mögen nachstehende Tabellen dienen:

Tabelle 5
Ergebnisse bei konservativer Therapie

Autor	prim.Parese	Heilungen	Mißerfolge	keine Nachuntersuchungen
BÖHLER (1962)	51	34	?	17+
BÖHLER (1962)	7	7	-	-
BÖHLER (1963 (I))	6	5	?	1
NITZSCHE	5	5	-	-

+BÖHLER berichtet hierzu, daß er über die Entwicklung dieser Lähmungen keine Aussage machen könne, da die Beobachtungszeit zu kurz gewesen sei. Er halte es aber für wahrscheinlich, daß sie sich zum größten Teil zurückgebildet haben.

Tabelle 6

Befunde bei teilweise operativer Therapie

Autor	prim. Parese	operative Exploration	Befunde, die Spontanheilung ausschlossen (Interposition, Durchtrennung, Kontinuitäts-neurom)	Neurolyse ausreichend (unauffällig, Kontusion, Pfählung, Spontanremission nicht sicher auszuschließen)	kein genauer Befundbericht
DECOULX/ DUCLOUX	6	4	0	4	-
GARCIA/ MAECK	31	13	8	9	2
GOLDNER/ KELLEY	34	25	4	-	-
GURDJIAN/ GOETZ	1o	1o	1	-	-
HOLSTEIN/ LEWIS	8	7	4	3	-
LEWIS/ MILLER	44	?	13	?	-
MÖSENEDER	15	8	5	?	-
SHAW/ SAKELLARIDES	36	19	14	5	-
DE MOURGES	19	8	3	5	-

Die Tabellen zeigen, daß einerseits bei den konservativen Therapeuten nicht in allen Fällen absolut sichere Angaben vorliegen (sh. BÖHLER (1962)) und daß bei der anderen Gruppe in einem Teil der Fälle nur die Operation die Aussicht auf Restitution eröffnete, wobei hinzuzufügen ist, daß sich in der Spalte der Neurolysen einige von den jeweiligen Autoren als erheblich beschriebene Kontusionen bestanden, deren Spontanregeneration für zweifelhaft gehalten wurde.

Auch die Therapievorschläge für die Behandlung der Radialisparese bei supracondylären Frakturen lassen ähnliche Diskrepanzen in der prognostischen Beurteilung erkennen (BÖHLER (1963 (II)), JAHNA (1957, 1959), LIPSCOMB/BURLESON, MITCHELL/ADAMS).

Gegenüberstellung der Argumentation der drei Therapierichtungen.

Die Vertreter der generell operativen und der in bestimmten Fällen operativen Therapie begründen ihre Einstellung wie folgt. Das Risiko eines ungünstigen Resultates der Osteosynthese ist bei optimaler Durchführung nicht größer als das der konservativen Frakturenbehandlung. Der Schweregrad der Nervenschädigung ist während der für die Versorgung der Fraktur kritischen Zeit nicht differenzierbar. Eine leichte Druckschädigung (Neurapraxie) kann, wenn eine Entlastung unterlassen wird, in eine Axonotmesis oder Neurotmesis übergehen, wodurch mindestens die Zeit des Funktionsaus-

falles der Nerven verlängert wird. Unter dieser Begründung operiert die eine Gruppe der hier besprochenen Autoren jede Humerusfraktur mit Radialisparese. Die Autoren, die nur in bestimmten Fällen operativ behandeln, gehen von dem Grad der Wahrscheinlichkeit einer schwerwiegenden Nervenläsion aus, wobei sie sich einerseits am Röntgenbefund der Fraktur und dem Unfallmechanismus (CANNON, GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, HOLSTEIN/LEWIS, JONASCH, MUMENTHALER/SCHLIACK, RUEFF/PELZL, SCHWARZER), andererseits am Untersuchungsbefund orientieren, das heißt, sie halten eine komplette motorische Radialislähmung oder Zunehmen der Ausfallserscheinungen für einen Grund zur offenen Behandlung der Fraktur (CANNON, FUCHS, FUCHS/BUSHE, GARCIA/MAECK, SCHNITKER). Ein Teil der Autoren dieser Gruppe sieht in der Radialisparese eine Bekräftigung einer relativen Operationsindikation, wie sie ihrer Ansicht nach bei den schwer zu fixierenden kurzen Schräg- oder Querfrakturen vorliegt oder auch bei Repositionshindernissen, die auf Weichteilinterposition schließen lassen (DECOULX/DUCLOUX, HAMPTON, SCHNITKER).

Die prinzipiell abwartende Einstellung der dritten Gruppe basiert auf mehreren Argumenten, die teilweise schon in diesem Kapitel erörtert wurden. Die Prognose der Radialisparese sei ebenso wie die der Humerusfraktur bei konservativer Behandlung gut. Dazu kommt ein weiterer, bisher noch nicht berücksichtigter Aspekt. Im Frühstadium einer Nervenverletzung ist die Beurteilbarkeit des Befundes

nur in beschränktem Maße möglich. Zu dem Zeitpunkt, der für die operative Frakturenbehandlung günstig erscheint, ist an eine ausreichende Resektion eines im Sinne der Neurotmesis betroffenen Nervenabschnittes nicht zu denken (DELANK et al., GOLDNER/KELLEY, HOEN, MÖRL/RICHWIEN, NIGST (1953, 1955), SEDDON (1942, 1947)). Daraus ergibt sich die Folgerung, daß bei einer Nervenzerreißung eine Primärnaht ungünstig erscheint (SEDDON 1947). Dieser Ansicht wird allerdings unter Anführung entsprechender Ergebnisse widersprochen (GURDJIAN/WEBSTER, MARBLE et al., MERREM (1958)).

Einige Autoren der primär konservativen Gruppe lehnen die Frühoperation wegen ihrer Unnötigkeit ab, wobei sie sich zum Teil auf die Schaftfrakturen (BODECHTEL et al., BÖHLER (1967), BUFF, LANGE (1967), MÖSENEDER, DE MOURGES et al., SCHÜRCH/WILLENEGGER), zum Teil auf die supracondylären (JAHNA (1957, 1959), LIPSCOMB/BURLESON) beziehen. Andere aus dieser Gruppe begründen die Ablehnung so wie die zuerst genannten, führen aber in Ergänzung dazu noch die neurochirurgischen Gesichtspunkte der Unsicherheit der frühen Befunderhebung und der daraus folgenden therapeutischen Konsequenzen als Argument ins Treffen (KETTELKAMP/ALEXANDER, KRAMER, MÖRL, PASS, SHAW/SAKELLARIDES).

Die iatrogene Radialisparese bei der Behandlung der Humerusfrakturen.

Die in dieser Arbeit mehrfach zitierten Äußerungen über die Gefahr, durch operative Behandlung der Humerusfraktur eine Radialisparese zu setzen, erfordern eine Analyse, zumal teilweise festgestellt wird, daß die Prognose dieser Gruppe von Radialisschäden besonders ungünstig sei (BÖHLER (1962, 1964), BUFF, VICK). Die Betrachtungen über die Entstehung der postoperativen Radialisläsion verdeutlichen, daß eine derartige verallgemeinernde Äußerung nicht zulässig ist. Die offene Versorgung einer Humerusfraktur kann bei kunstgerechtem Vorgehen nur eine Nervenschädigung im Sinne einer Neurapraxie hervorrufen, die allerdings, wie MARBLE et al. demonstrieren, wegen der Empfindlichkeit des Radialis häufig vorkommt und mitunter längere Zeit anhält. Eine geschlossene Nagelung dagegen kann, wenn der Nerv im Bruchspalt eingeklemmt ist, grobe Zerstörungen anrichten (FUCHS, FUCHS/BUSHE, HART). Einen Anhalt für die Häufigkeit der postoperativen Radialisparese möge folgende Übersicht geben; aus ihr können teilweise auch Schlüsse auf die angewandten Operationsmethoden und die Prognose gezogen werden.

Tabelle 7

Vergleich zwischen der Häufigkeit der direkten und der postoperativen Radialisparese.

Autor	Schaft-frakturen	konservativ behandelt	direkte Parese	oper. Beh.	post-oper. Parese
DECOULX+/ DUCLOUX	115	46	6(davon 2 durch Schuß-fraktu-ren	69	6
GARCIA/ MAECK	226	114	31	1o2	24
KÜPPERMANN	138	119	1	19	0
RUEFF/ PELZL+	1o2	43	5	59	12

Tabelle 8

Häufigkeit und Prognose der postoperativen Radialisparese.

Autor	Methode	Zahl	revers. Paresen	irrevers. Paresen
+ DECOULX/ DUCLOUX	Plattenversorgungen	34	2	0
	Nagelungen	14	4	0
	Nagelungen mit zus. Cerclage	18	0	0
	Verschraubungen u. Cerclage	2	0	0
	Nagelung mit Spananlagerung	1	0	0
	Summe	69	6	0

Tabelle 9

Autor	Methode	Zahl	revers. Radialisparese	nach 1 Jahr noch vorh. Radialisparese
+RUEFF/ PELZL	Rush-pin	16	4	0
	Rush-pin u. Cerclage	26	2	1
	Küntscher-Nagelung	4	0	1
	Platten-versorgung	9	3	0
	Cerclage	4	0	1
	Summe	59	9	3

Hinweise zur Durchführung der Frakturbehandlung bei direkter Radialisparese.

a) konservative Therapie

Bei der Besprechung der konservativen Therapie der Humerusfraktur im allgemeinen wird oft darauf hingewiesen, daß die Gefahr einer iatrogenen Radialisschädigung eine äußerst zarte Reposition erfordert (CHARNLEY, GURDJIAN/GOETZ, GURDJIAN/SMATHERS, GURDJIAN/WEBSTER, SHAW/SAKELLARIDES, WANCKE et al.). Diese Forderung wird für die konservative Behandlung der durch primäre Radialisparese komplizierten Fraktur meist noch besonders betont (GURDJIAN/GOETZ, GURDJIAN/SMATHERS, GURDJIAN/WEBSTER, JAHNA (1957, 1959), SHAW/SAKELLARIDES). Es besteht andererseits aber das Bestreben, eine möglichst exakte Reposition zu erreichen, um eine Irritation des Nerven nach Möglichkeit auszuschalten (BETZEL, JAHNA (1957, 1959), MÖRL, SCHNITKER). Allerdings ist davor zu

warnen, die Reposition erzwingen zu wollen (SCHÜRCH/WILLENEGGER). Deshalb wird vielfach geraten, eine direkte Reposition bei bereits ausgeprägter Radialisparese ganz zu unterlassen und nur eine schonende Extension durchzuführen (GURDJIAN/GOETZ, GURDJIAN/SMATHERS, SCHÜRCH/WILLENEGGER und andere).

b) operative Therapie:

Das Ziel der frühen operativen Frakturbehandlung ist die gleichzeitig durchzuführende optimale Versorgung des Radialis. In jedem Fall wird von den Autoren, die zu dieser Behandlung raten, der Nerv ausreichend freigelegt. Die Druckentlastung ergibt sich aus der Osteosynthese. Danach wird der Nerv, wenn er nicht durchtrennt ist, in eine möglichst nicht traumatisierte Umgebung verlegt. Die Behandlung des durchtrennten Nerven ist abhängig von der jeweiligen Ansicht des Autors zur primären Nervennaht, die aus neurochirurgischer Sicht häufig für ungünstig gehalten wird und besser erst 3-6 Wochen nach dem Trauma durchgeführt werden sollte (BODECHTEL et al., DELANK et al., GOLDNER/KELLEY, HOEN, MÖRL/RICHWIEN, NIGST (1953), SEDDON (1960)). Wenn schon die primäre Naht abgelehnt wird, eine Auffassung, die nicht generell vertreten wird (GURDJIAN/WEBSTER, MARBLE et al., MERKEM (1959)), so findet sich doch häufig wenigstens die Empfehlung einer Adaptierung der Nervenenden zur Vorbeugung gegen eine Retraktion (LINDSTROM, NIGST (1953), RIETHUS). Daß eine frühe Versorgung des Nerven nicht immer ausreichend ist, versteht sich von selbst.

Deshalb ist eine aufmerksame Beobachtung des so behandelten Patienten notwendig, um einen gegebenenfalls nötigen zweiten Eingriff rechtzeitig durchführen zu können (NIGST (1953)).

Besprechung der eigenen Beobachtungen.

Im casuistischen Teil dieser Arbeit wird über 58 Fälle von Radialisschäden berichtet, die im Zusammenhang mit Humerusfrakturen aufgetreten sind.

Nachstehende Zusammenstellung zeigt eine Aufschlüsselung des Krankenguts:

	Fall-nummer	Anzahl
I. Frische, direkte Radialisschäden bei Frakturen, die primär im OHH behandelt wurden		
1) Schaftfrakturen	1-14	14
2) distale Humerusfrakturen	15-19	5
II. Frische Radialisschäden bei Frakturen, die primär alio loco behandelt wurden		
3) Schaftfrakturen	20-22	3
4) distale Humerusfrakturen	50-51	2
III. Länger zurückliegende alio loco behandelte Radialisschäden, die entweder primär auftraten oder Osteosynthesefolgen sind		
5) Schaftfrakturen	23-35	13
6) distale Humerusfrakturen	52	1

	Fall-nummer	Anzahl
IV. Radialisschäden nach im OHH durchgeführter operativer Behandlung frischer Frakturen		
7) Schaftfrakturen	37-39	3
8) distale Humerusfrakturen	53-55	3
V. Radialisschäden nach im OHH durchgeführter operativer Behandlung wegen Frakturfolgen		
9) Schaftfrakturen	4o-49	lo
lo) distale Humerusfrakturen	56-58	3
VI. Sekundäre Radialisschädigungen		
11) Schaftfrakturen	36	1

Die unter I, IV und V zusammengefaßten Fälle von Radialisläsionen wurden primär im OHH beobachtet. Bei den Patienten der Gruppen II und III konnten Informationen über den Entstehungsmechanismus und -Zeitpunkt der Innervationsstörung nur anamnestisch oder durch Berichte der Klinik, in der die Primärbehandlung durchgeführt wurde, erhalten werden. Hier kann nicht immer entschieden werden, ob die Nervenschädigung durch die Fraktur selbst oder die Behandlung entstanden ist. Die Analyse der verfügbaren Unterlagen läßt erkennen, daß in einigen dieser Fälle eine andere Therapie bessere Ergebnisse hätte erzielen können.

Zur Diskussion der Therapie frischer, direkter Radialisschäden bei Humerusfrakturen, die an unserer Klinik durchgeführt wird, können nur

die Fälle der Gruppe I verwandt werden. Vier der unter I/1 (6, 11, 12, 14) mitgeteilten Beobachtungen müssen eliminiert werden, da eine eindeutige Beurteilung nicht möglich war. In einem Fall (Pat. 6) lag nur eine kurzfristige Sensibilitätsstörung vor, die schon bei der Krankenhausaufnahme nicht mehr registriert werden konnte. Die anamnestischen Angaben ließen eine sichere Klassifizierung dieses Falles als Radialisparese nicht zu. Bei den 3 weiteren Radialisschäden lag eine komplette Lähmung vor (Pat. 11/12 und Pat. 14). Über den Schweregrad der Nervenläsion kann keine Aussage gemacht werden, da die Patienten noch innerhalb der für die Regeneration benötigten Zeit verstarben.

Zwei Patienten wurden primär operativ behandelt (Pat. 1 und 5). In einem Fall (Pat. 1) lag eine Querfraktur in Schaftmitte vor. Die Lähmung war komplett. Die Indikation zur offen durchgeführten Marknagelung wurde hier wegen der Frakturform gestellt, wobei die gleichzeitig bestehende Radialisparese als bekräftigender Faktor betrachtet wurde. Der Verlauf zeigte, daß der Radialisschaden im wesentlichen in einer Neurapraxie bestand, wobei eine partielle Axonotmesis nicht restlos ausgeschlossen werden kann. Die Frage, ob auch bei konservativer Therapie eine vollständige Funktionsrestitution eingetreten wäre, kann nicht sicher entschieden werden. Bei dem anderen Patienten (Pat. 5) wurde die Fraktur innerhalb der ersten 8 Stunden operiert, da die sofort aufgetretene inkomplette Lähmung in eine komplette überging.

Eine Befreiung des im Bruchspalt der Spiralfraktur interponierten Nerven erwies sich als ausreichend. Die schnelle Funktionsrestitution zeigte, daß nur eine Neurapraxie bestanden hatte. In einem ähnlichen Fall (Pat. 4) wurde die Fraktur nicht primär operativ versorgt. Bei der erst 7 Wochen nach dem Unfall durchgeführten Operation fand sich der im Spalt der noch nicht konsolidierten Fraktur interponierte Nerv durch Druck erheblich geschädigt. Der Verlauf zeigt, daß zum Operationszeitpunkt sicher eine partielle Axonotmesis, wenn nicht sogar Neurotmesis bestand.

Die bei einer Splitterfraktur im proximalen Schaftdrittel (Pat. 2) beobachtete direkte komplette Lähmung erwies sich aufgrund des Verlaufes als partielle Axonotmesis. Die bis zur kompletten Restitution benötigte Zeit betrug mehr als 2o Wochen. Möglicherweise hätte eine frühzeitige Osteosynthese und Verlagerung des Nerven genügt, um die Entwicklung einer Axonotmesis zu verhindern und die Dauer der Funktionsstörung des Nerven verkürzt.

Bei einer Schrägfraktur am Übergang des oberen zum mittleren Drittels (Pat. 3) bestand eine komplette Radialislähmung, die nach der Verlaufsbeobachtung als Neurapraxie aufzufassen war.

Die in den ersten Tagen nach der Fraktur bei konservativer Behandlung aufgetretenen Radialisfunktionsstörungen (Pat. 7, 8, 9, 1o) wurden

als Folgen einer Redislokation der Fraktur aufgefaßt. Nach Verbesserung der Fragmentstellung bildeten sich die Funktionsstörungen zurück. Nur in einem dieser 4 Fälle bestanden motorische Ausfälle (Pat. 7) (im Sinne einer inkompletten Lähmung). Die nach der erneuten Reposition schnell einsetzende Rückbildung der Lähmung rechtfertigte die konservative Therapie.

Die 5 primär in unserer Klinik beobachteten distalen Humerusfrakturen mit direkten Radialisschädigungen (Gruppe I/2, Pat. 15-19) wurden alle operativ behandelt. Die Radialisaffektion wurde hier nur als Bekräftigung der Indikation angesehen. In jedem Fall bestanden wichtige andere Gründe für die operative Behandlung, wie Durchblutungsstörungen (Fall 15), starke Dislokation (Fälle 16, 17), schlechtes (Fall 18) oder mangelhaft fixierbares (Fall 19) Repositionsergebnis. Nur in einem Fall (18) fanden sich ausschließlich Sensibilitätsstörungen. Bei den Patienten mit motorischen Ausfällen ergab sich aus Operationsbefund und Restitutionsverlauf, daß der Nerv immer nur im Sinne einer Neurapraxie geschädigt war. Eine Nervenein - klemmung wurde in keinem Fall gefunden.

Radialisschäden nach operativer Behandlung stellen in unserem Untersuchungsgut einen relativ hohen Anteil. Die folgende Übersicht zeigt die Häufigkeit der postoperativen Radialisschäden, bezogen auf die Gesamtzahl der im Oskar Helene Heim wegen Frakturen oder Frakturfolgen durchgeführten Operationen am Schaft und distalen Abschnitt des Humerus:

Tabelle 1o

I. Humerusschaft

1. Osteosynthese bei frischen Frakturen

Operation	Zahl	postoperative Funktionsstörungen motorisch	sensibel	Ergebnis
geschlossene Nagelung	4	0	0	/
offene Nagelung	2	1	0	+
extramedulläre Osteosynthese	15	1	1	2x+

2. Offene Behandlung von Pseudarthrosen

				Ergebnis
a) Fälle m. praeoperativ intakter Radialis-funktion		postoperat. Funktionsstörungen motorisch	sensibel	
	3o	7	1	7x+;1x?
b) Fälle mit praeoperat. inkompletter Lähmung		postoperat. Verschlechterung		
	2	2		2x+
c) Fälle mit praeoperat. Sensibilitätsstörung im Radialisgebiet		postoperat. Verschlechterung		
	1	1		+

3. Offene Frakturbehandlung bei praeoperativ bestehender kompletter Radialislähmung.
6

Zeichenerklärung: + = volle Wiederherstellung der Gebrauchsfähigkeit der Hand
- = Mißerfolg
± = Partielle Wiederherstellung der Gebrauchsfähigkeit der Hand
? = keine ausreichende Beobachtungszeit

4. Andere Operationen

	Zahl	postoperat. Radialisschaden motorisch	sensibel	Ergebnis
Sequesterentfernung	1	1	0	+
Sequesterentfernung u. Cerclagenentfernung	1	0	0	-
Entfernung von Osteosynthesematerial	14	0	0	

II. Distaler Humerus

Operation	Zahl	postoperat. Radialisschaden motorisch	sensibel	Ergebnis
geschlossene Reposition u. Kirschnerdrahtfixation	22	1	0	+
offene Reposition u. Kirschnerdrahtfixation (bei praeoperativ intaktem Radialis)	38	2	0	2x+
offene Reposition u. Kirschnerdrahtfixation (bei praeoperativ inkompletter Lähmung)	2	in beiden Fällen keine Verschlechterung		/
offene Reposition u. Kirschnerdrahtfixation (bei praeoperativer Sensibilitätsstörung)	1	keine Verschlechterung		/

Operation	Zahl	postoperat. Radialisschaden motorisch	sensibel	Ergebnis
offene Reposition u. Schraubenfixation	8	0	0	/
offene Behandlung wegen Pseudarthrose	3	0	0	/
Entfernung von Osteosynthesematerial	8	1	0	+
Fragmentexstirpationen	4	0	0	/
Umstellungsosteotomie	4	1	0	+
Arthrolyse	2	1	0	+
operat. Behandlung bei praeoperat. Radialislähmung	3			3x+

Es fanden sich also bei 76 Operationen im Bereich des Humerusschaftes in 15 Fällen postoperative Radialisschädigungen (mitgerechnet sind hierbei auch die drei Fälle von Verschlechterungen der bereits praeoperativ geschädigten Radialisfunktion). Die Zahl der Radialisschäden nach Pseudarthrosenoperationen ist mit 11 Fällen bei 33 Operationen absolut und relativ dominierend. Wenn man sich die Schwierigkeiten der Präparation des Nerven in diesen Fällen vergegenwärtigt (oftmals gingen der bei uns durchgeführten Behandlung eine oder mehrfache erfolglose Operationen voraus), so erscheint dieses Ergebnis nicht ungewöhnlich. Bei den 92 Operationen am distalen Humerus fanden wir 6 iatrogene Radialisschäden.

Die Verlaufsbeobachtung zeigte mit Ausnahme eines Falles, in dem keine ausreichend lange Kontrollmöglichkeit bestand, bei allen 21 Radialisschäden eine zufriedenstellende Rückbildung der Funktionsstörungen, bei rein konservativer weiterer Behandlung. Unsere Ergebnisse stehen im Widerspruch zu der im allgemeinen Teil wiedergegebenen Ansicht, daß die postoperative Radialisparese eine ungünstige Prognose habe (BÖHLER (1962, 1964), BUFF, VICK). Die Diskrepanz dürfte sich durch die an unserer Klinik fast immer eingehaltene Forderung einer den Nerven schonenden Operationstechnik zurückzuführen sein: Der Radialis soll bei Ein-

griffen am Humerus schonend dargestellt und abschließend in ein narbenfreies, gut durchblutetes Bett verlegt werden.

Abschließend sollen die primär alio loco behandelten Radialisschäden interpretiert werden, soweit das anhand der vorliegenden Unterlagen durchführbar ist.

Zusammenfassende Fallübersicht:

Fall-Nr.	Erstbehandlung	Behandlung im OHH	Operationsbefund	Ergebnis
Schaftfrakturen mit anamnestisch angegebener direkter, kompletter Lähmung, die durch operative Behandlung möglicherweise verschlimmert wurde.				
2o	geschl. Nagelung	Neurolyse (bei Operation wegen verzögerter Knochenheilung)	kleines seitliches Neurom	+ *
23	offene Frakturbehandlung	Muskelplastik	/	/
Schaftfrakturen mit inkompletter Lähmung, deren Ursache (direkt oder postoperativ) nicht geklärt werden konnte.				
25	geschl. Nagelung	konservativ	/	±
26	geschl. Nagelung	Neuromresektion, Naht	Kontinuitätsneurom	-
29	geschl. Nagelung, 3 Monate später Revision des Nerven. Naht wegen Durchtrennung	konservativ	/	+
Schaftfrakturen mit in Rückbildung befindlicher motorischer Lähmung, deren Ursache (direkt oder postoperativ) nicht geklärt werden konnte.				
33/34	offene Frakturbehandlung	Radialisdarstellung bei Pseudarthrosenoperation	kleine Endoneurome	2x+

*Zeichenerklärung: Sh. Seite 71, Fußnote

Fall-Nr.	Erstbehandlung	Behandlung im OHH	Operationsbefund	Ergebnis
Schaftfrakturen und Sensibilitätsstörungen als einziges Zeichen eines Radialisschadens.				
30	offene Frakturbehandlung	Neurolyse und Verlagerung des Nerven bei Pseudarthrosenoperation	narbige Einscheidung des Nerven	keine wesentl. Änderung der Sensibilitätsstörungen im Abschlußbefund
31	geschl. Nagelung			
32	offene Frakturbehandlung			
Schaftfrakturen mit operativ bedingter Radialisschädigung.				
28	offene Frakturbehandlung, später Radialisrevision (Nerv war von Federblattschraube durchquetscht, Nervennaht)	Muskelplastik (5 Jahre nach Auftreten der Lähmung)	/	/
Schaftfrakturen mit sekundärer Lähmung.				
27	geschl. Nagelung m. anschließender Osteomyelitis	Muskelplastik (2 1/2 Jahre nach Auftreten d. Lähmung)	/	/
36	konservativ	Neurolyse (im Frühstadium der sich entwickelnden Radialisschädigung)	Nervenummauerung im frischen Callus, Druckstellen d. Nerven	+

Fall-Nr.	Erstbehandlung	Behandlung im OHH	Operationsbefund	Ergebnis
Schaftfrakturen mit früh aufgetretener (direkter) Lähmung.				
21	konservativ	Neurolyse bei operativer Frakturbehandlung	Radialisinterposition	+
22/24	konservativ	konservativ	/	2x +
35	konservativ	Neurolyse (bei Pseudarthrosenoperation) wegen Aussichtslosigkeit unterlassen	langstreckige kallöse Einmauerung d. Nerven zwischen den Fragmenten	-
Distale Humerusfrakturen mit früh aufgetretener (direkter) Lähmung.				
50	konservativ	operat. Frakturbehandlung	Radialis makroskopisch unauffällig	+
51	offene Frakturbehandlung mit Radialisneurolyse	konservative Weiterbehandlung	/	+
Distale Humerusfraktur mit kompletter Lähmung, deren Ursache (direkt oder postoperativ) nicht geklärt werden konnte.				
52	offene Behandlung	konservativ	/	-

Diese Übersicht über 2o Fälle enthält 13 Mitteilungen über Radialisschäden, die entweder durch die operative Benandlung ausgelöst oder verschlimmert wurden. Die 3 Sensibilitätsstörungen ohne motorische Ausfälle (3o, 31, 32) werden in dieser Betrachtung wegen praktischer Bedeutungslosigkeit des Befundes nicht berücksichtigt.

4 der 5 Fälle von motorischen Lähmungen bei geschlossenen Nagelungen (2o, 25, 26, 27, 29) sind Beispiele für unsachgemäße Behandlung. Hier zeigen zum Teil der Verlauf (25), zum Teil alio loco (29) oder im Oskar Helene Heim (2o, 26) erhobene Befunde bei operativer Revision, daß Radialisschäden durch die geschlossene Nagelung gesetzt wurden oder wegen unterlassener Inspektion des Nerven nicht frühzeitig erkannt wurden. Der 5. Fall (27) (Osteomyelitis) ist weder für die geschlossene noch für die offene Behandlungsmethode typisch.

Unter den 6 Radialisschäden nach offener Osteosynthese (23, 28, 33, 34, 51, 52) sind 2 Fälle (33, 34) Beispiele für wahrscheinlich operativ gesetzte Druckschäden. Hier fanden sich ja bald nach der Erstoperation schon Regenerationszeichen. 3 weitere Radialisschäden (23, 28, 52) zeigen, daß auch die offene Osteosynthese irreversible Radialisparesen nicht immer verhindern kann (23, 52) oder sogar hervorruft (28). Besonders Fall 28 ist ein Beispiel für

operative Fehlleistungen (Durchquetschung des Nerven). In den beiden anderen Fällen ist entweder eine praeoperative Nervenläsion übersehen worden oder der Schaden durch die Operation entstanden.

Unter der Nr. 51 wird ein Patient beschrieben, bei dem alio loco wegen einer direkten Radialisparese nach distaler Humerusfraktur eine offene Osteosynthese mit Radialisneurolyse mit gutem Erfolg durchgeführt wurde.

Weiter enthält die zu diskutierende Kasuistik 5 Radialisschäden nach alio loco konservativ behandelten Humerusfrakturen (21, 22, 24, 35, 5o): Fall 21 (Schrägfraktur im distalen Drittel) mit bei uns operativ gefundener Nerveninterposition) ist ein Beispiel für konservativ nicht mit Erfolg behandelbare Radialisparesen. Fall 22 wurde durch gute Reposition und Fixation (Querfraktur in Schaftmitte) ausreichend behandelt. Es handelte sich also um eine Neurapraxie. Bei einem anderen, ganz ähnlichen Bruch (Fall 24) bestand eine Axonotmesis, wie die Dauer des Heilungsverlaufes zeigte. Eine partielle Neurotmesis kann bei abschließender Nachuntersuchung nicht ausgeschlossen werden. Ein nicht häufiger Befund lag bei einer Splitterfraktur am Übergang des proximalen zum medialen Schaftdrittel vor (Fall 35). Die direkte, komplette Lähmung war hier durch Interposition des Nerven zwischen die Fragmente bedingt, die bei der 19 Wochen nach dem Unfall durchgeführten Pseudarthrosenoperation nicht beseitigt werden konnte. Bei der distalen

Humerusfraktur dieser Gruppe (Fall 5o) fand sich intraoperativ keine sichtbare Nervenschädigung. Die schon nach 3 Tagen einsetzende Reinnervation kann nicht sicher als Operationserfolg gewertet werden.

Der 2o. und letzte Fall dieser Übersicht (Fall 36) ist eine sekundäre Radialisschädigung durch Callusbildung nach Schaftfraktur. Ein solches Ereignis wird auch in der Literatur als selten bezeichnet (BETZEL, KUHLENDAHL).

Zusammenfassende Diskussion.

Die beobachteten Fälle zeigen, daß direkte Radialisschäden bei Humerusfrakturen manchmal nur operativ mit Erfolg behandelt werden können und daß andererseits die konservative Therapie sehr oft gute Resultate ergibt. Als Indikation zur offenen Versorgung des Bruches sind die Fälle zu betrachten, bei denen eine spontane Nervenregeneration nicht erwartet werden kann. In der Frühphase nach der Fraktur kann die Elektrodiagnostik zur Klärung der Indikation nicht benutzt werden.

Aus der Frakturlokalisation läßt sich kein sicherer Schluß auf den Schweregrad und die Prognose der Läsion ziehen. Lähmungen bei distal des oberen Drittelpunktes gelegenen Brüchen sind häufiger mit schwerwiegenden Befunden kombiniert, aber auch eine Fraktur

am Übergang vom medialen zum proximalen Drittel (Fall 35) oder weiter proximal (Fall 2) kann ernsthafte Läsionen zur Folge haben, wie auch die Literatur bestätigt (GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, LEWIS, LEWIS/MILLER).

Ebenso unsicher sind die aus der Frakturform herleitbaren Schlüsse. Meist treten die prognostisch ungünstigen Radialisschäden nach Spiral-, Splitter- oder Querfrakturen auf. Hierbei muß mit einer Interposition des Radialis zwischen den Fragmenten gerechnet werden. 4 Fälle, bei denen wir durch operative Explorationen einen solchen Befund verifizieren konnten (Fall 4, 5, 21, 35) bestätigen diese Aussage. Das schlechte Ergebnis in Fall 35 (Splitterfraktur am Übergang vom proximalen zum medialen Drittel) hätte bei rechtzeitiger Operation wahrscheinlich vermieden werden können. Ebenso hätte wohl im Fall 4 (Spiralfraktur in Schaftmitte) früher operiert werden sollen. Dadurch wäre wohl ein ähnlich günstiges Resultat wie in Fall 5 (Spiralfraktur im unteren Drittel) erreicht worden, bei dem die prompte Regeneration wohl nur der Frühoperation zuzuschreiben war. Eine Beobachtung in unserem Patientengut zeigte anhand der Verlaufsbeobachtung bei konservativer Therapie, daß auch Querfrakturen (Fall 24. Querbruch in Schaftmitte) schwerwiegendere Radialisschäden hervorrufen können. Diese Feststellung wird in der Literatur bestätigt (GOLDNER/KELLEY, GURDJIAN/GOETZ, LEWIS, LEWIS/MILLER).

Die offene Frakturbehandlung sollte bei technisch einwandfreier Durchführung keine schwerwiegenden Radialisparesen hervorrufen und auch keine Verschlimmerungen praeexistenter Läsionen verursachen. Da, wie diese Darstellung zeigt, die Prognose der direkten Radialisläsionen nach Humerusfrakturen immer unsicher ist, sollte, wenn die Bedingungen einer sauberen, operativen Knochenbruchbehandlung (MÜLLER et al.) erfüllt werden können (Spezialklinik), bei kompletten Lähmungen eine offene Osteosynthese mit adäquater Versorgung des Nerven durchgeführt werden. Das gilt besonders für Schräg-, Splitter- oder Spiralfrakturen des mittleren unteren Schaftdrittels. Inkomplette Lähmungen oder reine Sensibilitätsstörungen müssen bei konservativer Therapie laufend beobachtet werden, um eine eventuelle Zunahme der Funktionsstörung rechtzeitig zu bemerken, da eine solche Beobachtung dafür sprechen kann, daß ein wahrscheinlich harmloser Schaden in eine prognostisch ungünstige Läsion überzugehen droht. Auch Frakturen ohne sofortige Innervationsstörungen müssen gut überwacht werden, da sich gerade bei den Spiral-, Splitter- und Schrägfrakturen der beiden unteren Schaftdrittel durch Reposition oder Redislokation direkte Lähmungen einstellen können, die durch Nerveneinklemmung hervorgerufen sein können. Diese Forderung wird nicht immer beachtet, wie bei einem unserer Patienten deutlich wird (Fall 21), der in der Unfallambulanz einer größeren chirurgischen Klinik erstversorgt wurde. Die unter konser-

vativer Therapie als Zeichen einer Redislokation im Verlauf auftretenden Radialisfunktionsstörungen können, wenn sie rein sensibler Natur sind, weiter konservativ behandelt werden, wenn der Befund sich dabei nicht verschlimmert. Bei partiellen Lähmungen ist die Entscheidung schwieriger. Wenn beim Auftreten der Lähmung bereits 8 Stunden (günstigste Zeit für Früh-Osteosynthese (MÜLLER et al.)) vergangen sind, soll zunächst gewartet werden. Zeigt sich nach Stellungskorrektur bis zum Erreichen des 4. - 8. Tages nach dem Unfall (zweite für die Operation günstige Phase (MÜLLER et al.)) klinisch bereits eine eindeutige Funktionsbesserung, so soll weiter konservativ behandelt werden (Fall 7). Anderenfalls dürfte einer operativen Versorgung der Vorzug zu geben sein.

Ähnliche Grundsätze gelten für die Behandlung von Radialisschäden bei distalen Humerusfrakturen. Die Indikation einer operativen Therapie wird in diesen Fällen allerdings meist nicht ausschließlich wegen der Innervationsstörung, sondern auch aus anderen für diesen Frakturtyp spezifischen Gründen (gelenknahe Fraktur; kurzes peripheres Fragment mit schlechter Fixierbarkeit; Durchblutungsstörungen) gestellt.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit referiert und analysiert 58 Fälle von Radialisschäden, die durch Humerusfrakturen oder deren Behandlung hervorgerufen wurden.

Dabei wurden die klinischen Unterlagen des Oskar Helene Heims verwandt. Eigene Nachuntersuchungen wurden nur dann durchgeführt, wenn anhand der vorliegenden klinischen Unterlagen erkennbar war, daß nach der letzten Untersuchung noch Befundsänderungen zu erwarten waren.

Anhand des Krankengutes wird gezeigt, daß Radialislähmungen nach Humerusfrakturen im Gegensatz zu der in der Literatur von namhaften Autoren (insbesondere BÖHLER) vertretenen Meinung nicht immer ohne operative Revision ausheilen können. In diesen Fällen ist an operativen Spezialkliniken eine sofortige offene Osteosynthese zu empfehlen. Wir möchten diese Anweisung nicht auf bestimmte Frakturformen beschränken, da, wenn auch selten, manchmal bei Frakturen, die den Radialis im allgemeinen nicht gefährden, schwerwiegende Schaden auftreten können.

Die Freilegung des Radialis, die bei der operativen Versorgung solcher Frakturen nicht unterlassen werden darf, setzt, wie wir an einem großen Operationsgut sehen konnten, zwar nicht selten Funktionsstörungen, deren Prognose aber sehr günstig ist.

Literaturverzeichnis

BANDI, W.: Indikation und Technik der Osteosynthese am Humerus. Helvet. chir. acta 31, 89-99 (1964)

BECK, H.: Vollautomatische Reposition und Bündelnagelung bei Oberarmschaftbrüchen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 302, 381-402 (1963)

BERNHARD, M.: Erkrankungen der peripheren Nerven. In NOTHNAGEL: Spezielle Pathologie und Therapie. Hölden, Wien 1897

BETZEL, F.: Unfallschäden am Oberarm. In BÜRKLE DE LA CAMP, H. und M. SCHWAIGER: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde Stuttgart 1965

BILINSKI, Z. und K. ZAWADKA: Über das Vorgehen und die Ergebnisse chirurgischer Behandlung von primaren N. radialis-Läsionen mit gleichzeitiger Humerusschaftfraktur. Ref. in:Zbl. Chir. 90, 300 (1965)

BODECHTEL, G., K. KRAUTZUN und F. KAZMEIER: Grundriß der traumatischen peripheren Nervenschäden. Stuttgart 1951

BÖHLER, L.: Diskussionsbeitrag zum Vortrag von FUCHS und BUSHE. Langenbecks Arch. klin. Chir. 301, 926 (1962)

Derselbe: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12.-13. Aufl. Ergänzungsband. Wien 1963 (I)

Derselbe: Konservative und operative Behandlung der kindlichen Oberarmbrüche. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 630-632 (1963) (II)

BÖHLER, L.: Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 308, 465-475 (1964)

Derselbe: Conservative treatment of fresh closed fractures of the shaft of the humerus. J. Trauma 5, 464-468 (1965)

BORMANN, H.: Elektrische Funktionsprüfungen bei peripheren Nervenverletzungen mit Therapieanweisung. In ZETKIN, M. und E.H. KÜHTZ (Hrsg.): Die Chirurgie des Traumas. Berlin 1958

BUFF, H.U.: Diskussionsbeitrag zu BANDI Helvet. chir. acta. 31, 99-100 (1964)

CANNON, B.W.: Diskussionsbeitrag zu HOLSTEIN und LEWIS. J. Bone and Joint Surg. 45-A, 1388 und 1484 (1963)

CHARNLEY, J.: Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen. Übersetzung und Bearbeitung von BIMLER, R. Berlin-Heidelberg-New York 1968

CLARA, M.: Das Nervensystem des Menschen. 1959 Leipzig

COHN, T.: Die peripherischen Lähmungen Berlin, Wien 1927

COMPERE, E.L., W.W. BANKS und C.L. COMPERE: Frakturenbehandlung. Deutsche Übersetzung von WELLER, S., Stuttgart 1966

DAUM, R., W.Ch. HECKER, E. RÜTER und H. OTTO: Die distalen Humerusfrakturen im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung von Spätergebnissen. Mschr. Unfallheilk. 69, 305-313 (1966)

DECOULX, P. und M. DUCLOUX: Les fractures de la diaphyse humerale. Lyon chir. 58, 495-504 (1962)

DELANK, H.W., N. NIKOLAI und D. TÖNNIS: Zur Behandlung peripherer Nervenverletzungen. Med. Welt 1960, S. 1249-1256

FUCHS, G.: Früh- oder Spätexploration bei primaren Radialislähmungen nach Oberarmschaftfrakturen? Hippokrates 35, 759-761 (1964)

FUCHS, B. und K.A. BUSHE: Chirurgischen Behandlung von Radialisschäden bei Oberarmschaftfrakturen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 301, 914-916 (1962)

GARCIA, A. und B.H. MAECK: Radial nerve injuries in fractures of the shaft of the humerus. Amer. J. surg. 99, 625-627 (1960)

GOLDNER, J.L. und J.M. KELLEY: Radial nerve injuries. Soth. Med. J. 51, 873-883 (1958)

GURDJIAN, E.S. und A.G. GOETZ: Radial paralysis complicating fractures and dislocations in the upper limb. Ann. surg. 99, 487-496 (1934)

GURDJIAN, E.S. und H.M. SMATHERS: Peripheral nerve injuries in fractures and dislocations of long bones. J. Neurosurg. 2, 202-219 (1945)

GURDJIAN, E.S. und J.E. WEBSTER: Diagnosis and management of peripheral nerve injury. Amer. J.surg. 74, 359-367 (1947)

HAMPTON, O.P.: Diskussionsbeitrag zu KETTELKAMP et al.. J. Trauma 7, 431 (1967)

HART, A.: Schwierigkeiten und Verwicklungen bei der Marknagelung von Knochenbrüchen. Zbl. Chir. 70, 994-1000 (1943)

HOEN, T.I.: The repair of peripheral nerve lesions. Amer. J. Surg. 72, 489-495 (1946)

HOFMEISTER, F. und A. SCHREIBER: Verletzungen und Erkrankungen der Schulter und des Oberarms. In BERGMANN-BRUNS: Handbuch der praktischen Chirurgie. Stuttgart 1907

HOLSTEIN, A. und G.B. LEWIS: Fractures of the humerus with radial nerve paralysis. J. Bone and Joint Surg. 45-A, 1382-1388 (1963)

JAHNA, H.: Behandlungs- und Nachuntersuchungsergebnisse von 100 konservativ behandelten, stark verschobenen kindlichen supracondylären Oberarmbrüchen. Ver. dtsch. orth.Ges. 45, 379-382 (1957)

JAHNA, H.: Erfahrungen mit einer ungefährlichen Methode bei 73 stark verschobenen kindlichen supracondylären Oberarmbrüchen. Arch. orthop. Unfallchir. 50, 537-575 (1959)

JONASCH, E.: Unfallchirurgische Operationen. Indikation, Technik, Fehler. Berlin 1965

JUNG, R.: Die allgemeine Symptomatologie der Nervenverletzungen und ihre physiologischen Grundlagen. Nervenarzt 14, 493-516 (1941)

KETTELKAMP, D.B. und H. ALEXANDER: Clinical review of radial nerve injury. J. Trauma 7, 424-432 (1967)

KLAR, E. und H. KREBS: Über Radialislähmungen bei Oberarmschaftfrakturen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 301, 921-925 (1962)

KRAMER, G.: Über Nervenverletzungen bei supracondylären Oberarmbrüchen. Hefte Unfallheilk. 81, 322-323 (1964)

KÜPPERMANN, W.: Aussprache zu BÖHLER (1964). Langenbecks Arch.klin. Chir. 308, 475-476 (1964)

KUHLENDAHL, H.: Die Chirurgie der peripheren Nerven. In DIEROLD, O., H. JUNGHANNS und L. ZUKSCHWERDT: Klinische Chirurgie für die Praxis. Stuttgart 1966

LANGE, M.: Unfallorthopädie. Stuttgart 1949

LANGE, M.: Traumatologie (Band III des Lehrbuches für Orthopädie und Traumatologie) 1967

LEWIS, D.: Nerve injuries complicating fractures. Surg. Clin. North. Am. 16, 1401-1413 (1936)

LEWIS, D. und E.M. MILLER: Peripheral nerve injuries associated with fractures. Ann. surg. 76, 528-538 (1922)

LINDSTROM, P.: Diskussion zu KETTELKAMP et al.. J. Trauma 7, 431-432 (1967)

LIPSCOMB, P.R. und R.J. BURLESON: Vascular and neural complications in supracondylar fractures of the humerus in children. J. Bone and Joint surg. 37-A, 487-492 (1955)

MARBLE, H.C., E. HAMLIN und A.L. WATKINS: Regeneration in the ulnar, median and radial nerves. Am. J. surg. 55, 274-294 (1942)

MERREM, G.: Symptomatologie der peripheren Nervenverletzungen. In ZETKIN, M. und H.E. KÜHTZ: Die Chirurgie des Traumas, Berlin 1956.

MERREM, G.: Nervenschädigungen in der Wiederherstellungschirurgie. In ZETKIN, M. und E.H. KÜHTZ: Die Chirurgie des Traumas. Berlin 1958

Derselbe: Lehrbuch der Neurochirurgie. Berlin 1964

MITCHELL, W.J. und J.P. ADAMS: Supracondylar fractures of the humerus in children. J. Am. med. Ass. 175, 573-578

MÖRL, F.: Die Verletzungen der oberen Gliedmaßen. In ZETKIN, M. und E.H.KÜHTZ: Die Chirurgie des Traumas. Berlin 1956

MÖRL, F. und R. RICHWIEN: Indikationsstellung zur operativen Behandlung der Nervenverletzungen. Zbl. Chir. 90, 1946-1952 (1965)

MÖSENEDER, H.: Die konservative Behandlung der Oberarmschaftbrüche und ihre Ergebnisse. Mschr. Unfallheilk. 68, 41-45 (1965)

DE MOURGES, G., J.J. COMPTET, J. VENOUIL und L. FISCHER: Etiologie et mécanisme de 29 paralysies radiales au cours de fractures de l'humerus. Rev. de chir. orth. 52, 417-424 (1966)

MÜLLER, M.E., M. ALLGÖWER und H. WILLENEGGER: Die Technik der operativen Frakturenbehandlung. Berlin 1963

MUMENTHALER, M.: Die peripheren Nervenverletzungen im Bereich der oberen Extremität. Praxis 48, 638-645 (1959)

MUMENTHALER, M. und H. SCHLIACK: Läsionen peripherer Nerven. Stuttgart 1965

NIGST, H.: Neuere Gesichtspunkte zur Frage der primären und sekundären Nervennaht. Helv. chir. acta 2o, 292-295 (1953)

Derselbe: Die Chirurgie der peripheren Nerven. Stuttgart 1955

Derselbe: Operative Behandlungsmöglichkeiten bei Erkrankungen und frischen Verletzungen peripherer Nerven. Langenbecks Arch. klin. Chir. 3o1, 855-864 (1962)

NITZSCHE, L.: Spätergebnisse nach konservativer Behandlung der Humerusschaftfrakturen mittels Böhlerschen U-Gipsverbandes. Mschr. Unfallheilk. 69, 319-324 (1966)

PASINI, A.: Complicationi neuro-vasculari delle fratture dell'estremità distale dell'omero. Minerv. Ortop. (Torino) 4, 287-292 (1953)

PASS, K.E.: Über traumatische Schäden des peripheren Nervensystems. Landarzt 37, 2o1-2o5 (1961)

PITZEN, P. und K. LINDEMANN: Kurzgefaßtes Lehrbuch der orthopädischen Krankheiten. München-Berlin 1965

RIECHERT, T. und W. UMBACH: Verletzungen und Erkrankungen peripherer Nerven. In BÜRKLE DE LA CAMP, H. und M. SCHWAIGER: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, Stuttgart 1963

RIETHUS, G.: Verletzungen des Nervus Radialis bei Humerusfrakturen und ihre operative Behandlung. Bruns Beitr. z.klin. Chir. 24, 7o3-76o (1899)

RUEFF, F. und H. PELZL: Zur Behandlung der Oberarmschaftbrüche. Chirurg 38, 17-19 (1967)

SCHNITKER, M.T.: A technique for transplant of the musculospiral nerve in open reduction of fractures of the mid-shaft of the humerus. J. neurosurg. 6, 113-117 (1949)

SCHÜRCH, O. und H. WILLENEGGER: Die Chirurgie der oberen Extremität. In BRUNNER, A., C. HEUSSER, A. JENTZER, O. SCHÜRCH und J. VEYRASSAT: Lehrbuch der Chirurgie Basel 1960

SCHWARZ, E.: Über die Behandlung der irreparablen Radialis- und Peroneuslähmung. Dt. Gesd. Wes. 3, 225-230 (1948)

SCHWARZER, R.: Behandlung von Oberarmschaftfrakturen. Z. ärztl. Fortb. 60, 1180-1183 (1966)

SEDDON, H.J.: A classification of nerve injuries. Brit. med. J. S. 237-239 (1942)

Derselbe: Peripheral nerve injuries. Glasgow.med.J. 139, 61-75 (1943)

Derselbe: Nerve lesions complicating certain bone injuries. J. am. med. ass. 135, 691-694 (1947)

Derselbe: The surgery of nerve injuries. Practitioner 184, 181-187 (1960)

SHAW, J.L. und H. SAKELLARIDES: Radial nerve paralysis associated with fractures of the humerus. A review of 45 cases. J. Bone and Joint surg. 49-A, 899-902 (1967)

STAHL, H.W.: Diagnostische und therapeutische Hinweise zur kleinen peripheren Neurologie in der täglichen Praxis. Landarzt 45, 801-811 (1969)

VICK, J.: Radialislähmung infolge Oberarmschaftbruch. Zbl. Chir. 92, 2535-2537 (1967)

VICK, J. und S. KELLERMANN: Zur Behandlung des Oberarmschaftbruches. Zbl. Chir. 92, 2628-2636 (1967)

WANCKE, R., R. MAATZ, H. JUNGE und W. LENTZ: Knochenbrüche und Verrenkungen. Berlin-München 1967

WERTHEIMER, P. und J. AVET: Les Paralysies radiales dans les fractures fermées de la diaphyse humérale. Ann. chir. 11, 675-686 (1957)

WHITSON, R.O.: Relation of the radial nerve to the shaft of the humerus. J. Bone and Joint surg. 36-A, 85-88 (1954)

WITT, A.N., H. COTTA und H. MITTELMEIER: Unfallschäden des Ellenbogengelenks und des Unterarms. In BÜRKLE DE LA CAMP, H. und M. SCHWAIGER: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. Stuttgart 1965

Herrn Prof. Friedebold danke ich für die Überlassung des Themas und die Hilfsbereitschaft bei der Abfassung der Arbeit.

Bernhard Panning

1 Berlin 46,
Gabainstr. 6

Lebenslauf

Name:	Bernhard Panning
geboren:	6. September 1941
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Schulbildung:	6 Jahre Grundschule (1947-1953) 8 Jahre Oberschule (1953-1961)
Studienzeit:	1961-1967. Medizinische Fakultät der FU-Berlin
Medizinalassistentenzeit:	1.6.-31.8.67; Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin, unter Prof. Rommeney
	1.1o.67-31.3.68; I. innere Abt. des Städt. Krankenhauses Neukölln, unter Prof. Holldack
	1.5.-31.8.68; Gynäkologische Abt. des Städt. Auguste Viktoria Krankenhauses Berlin, unter Prof. Schopohl
	1.9.-31.12.68; Chirurgische Abt. des St. Gertrauden Krankenhauses, unter Chefarzt Dr. Bittner
	1. 1.-31.5.69; Dermatologische Abt. des Städt. Krankenhauses Berlin-Britz, unter Prof. Teller
	1.6.-31.7.69;Röntgenologische Abt. des Städt. Behring Krankenhauses Berlin, unter Chefarzt Dr. Neumann-Collina
Approbation:	1.8.69
Assistentenzeit:	1.11.-31.12.69; Orthopädische Klinik der FU-Berlin im Oskar Helene Heim, unter Prof. Friedebold
	seit dem 1.1.7o; Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin, unter Prof. Rommeney.

B. Ladewig · Dissertationsdruck · 1 Berlin 12 · Pestalozzistr. 105 · Tel. 318885